

CIÊNCIAHOJE

REVISTA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA VOL. 13 Nº 74 JULHO DE 1991 Cr\$ 980,00

Madeiras da Amazônia

Física das
altas energias

Universidade:
custo e eficiência





Algumas conquistas IBM são de arrepiar os cabelos.

"...brilha uma nova explosão de força."

Aí está um fio de cabelo humano onde foram feitos sulcos por um processo de gravação a laser sem calor, que não danifica o resto do tecido.

O processo, descoberto pelo cientista da IBM Rangaswamy Srinivasan e por seus colaboradores, é uma luz de laser ultravioleta tão precisa que se constitui num perfeito instrumento para cirurgias oftalmológicas que, com ele, operam a córnea, para corrigir defeitos de visão.

**Agora imagine
o que nós
podemos fazer
por você.**



IBM Brasil



CARTAS DOS LEITORES

Solidariedade

Com tristeza, fiquei a par das dificuldades enfrentadas pela revista. Analisando com um pouco mais de crítica do que o normal, atentei para a idéia, surgida entre vocês, dos encartes destinados a alunos secundaristas. Ela me fez vibrar de expectativa, sendo eu secundarista e por vezes passando dificuldades para entender o conteúdo de *Ciência Hoje*. Pareceu-me uma maneira de, sem descaracterizar o nível da revista, ampliar sua abrangência. Porém, atrevo-me a sugerir: ao comprar a revista, o secundarista merece ter fácil acesso ao conteúdo 'além-encarte'; e, para que isso ocorra, é importante que os encartes dêem a base, o pré-requisito, para interpretação das notícias de nível superior, ao invés de serem apenas informes aleatórios. Torcendo daqui por vocês,

FÁBIO COSTA FADEL
RIO DE JANEIRO

Desde hace casi diez años *Ciencia Hoje* nos ha ayudado a crecer y a organizarnos como comunidad científica a través de sus páginas. En ellas hemos encontrado información y divulgación sobre el quehacer científico latinoamericano, una reflexión sobre la ciencia que incluye la comprensión de cómo las ideas científicas y su constante cambio influyen en la percepción colectiva del mundo.

Ciencia Hoje ha demostrado a través de estos años que la ciencia es parte integrante de la cultura y la investigación científica es uno de sus motores contemporáneos.

Creemos como ustedes que todo proyecto de modernización de nuestros países debe ir de la mano del desarrollo de la ciencia y la tecnología y que este desafío debe ser asumido colectivamente, y para ello es necesaria *Ciencia Hoje*.

Enterados de las dificultades a las que hace frente *Ciencia Hoje*, nosotros de *Ciencia Hoy* les hacemos llegar nuestra más amplia solidaridad y nuestro apoyo en estos momentos.

ANNA DANIELI
CIENCIA HOY,
MONTEVIDÉU, URUGUAI

Sou sócio da SBPC e sócio moral da revista *Ciência Hoje*, por ser seu assinante desde o n.º 1. É, pois, com profundo pesar e temor que recebo a notícia das dificuldades por que passa a revista (...). Entretanto, não creio que a única causa dessa situação seja a suspensão de apoio ins-

titucional. Não poderia ter havido uma certa precipitação, ou talvez excesso de otimismo em relação ao público consumidor potencial da revista? Não seria mais razoável acreditarmos que o público consumidor 'não institucional', representado por pessoas interessadas em ciência de um modo mais sério que a maioria, é realmente muito pequeno? É questão de escolha: faz-se algo sério que exponha temas científicos de modo mais acessível, mas sem sensacionalismo, ou então explora-se a ciência de modo mais sensacionalístico, do tipo 'acredite se quiser'. A segunda forma terá certamente mais público, mas a primeira é a 'nossa proposta', acredito. (...) Quem sabe não seja o caso de buscar-se apoio mais consistente nas universidades, empresas privadas ou estatais? São idéias de quem sente a necessidade de tentar contribuir de alguma forma para preservar esse exemplar raro da 'culturosfera' brasileira.

MÁRCIO JORGE DE AGUIAR BARBOSA
VITÓRIA

Como leitor e assinante da revista, queria parabenizar a equipe editorial pela competência (...). *Ciência Hoje* tem uma qualidade que nada fica a dever até mesmo às publicações estrangeiras. Tenham a certeza de que estão desempenhando um verdadeiro papel para o ensino, a pesquisa e a extensão universitárias, dentro de suas propostas. Gostaria de me referir especialmente ao 'Ponto de Vista' intitulado 'No el fin sino el comienzo', de *CH* n.º 65, que desenvolve importante análise sobre os mecanismos governo-governo para a cooperação científica na América Latina.

A título de sugestão, gostaria de ver publicadas entrevistas com Helmut Troppmair, Antônio Christofolletti (ambos da UNESP/Rio Claro) e Aziz Ab'Saber (Instituto de Estudos Avançados/USP).

JOÃO CARLOS DE OLIVEIRA
IPORÁ (GOIÁS)

Ao chegar do trabalho esta tarde, vi a revista *Ciência Hoje* sobre minha mesa e notei algo diferente na capa. Folhiei a revista sem ler o editorial e já senti o papel diferente. Ainda assim não dava conta de que existiam mais mudanças. Aí fui ler o editorial (...).

Pois é, agora eu lhes pergunto: quem escapa da crise? Eu, como empresário científico, estou sustentando o laboratório com dinheiro do meu próprio bolso já há cinco anos; fui procurar a Finep para custear ape-

nas as pesquisas, pois o laboratório está completo e me disseram que eu deveria estar faturando para me financiarem. Se eu estivesse faturando, pediria algum auxílio?

Sou leitor e assinante de *Ciência Hoje* desde o n.º 1, que saiu na reunião da SBPC realizada em Campinas. Escrevi para vocês mas não tive resposta: queria saber naquela ocasião sobre o índice geral, que nos auxiliaria bastante, sobretudo agora que temos 11 volumes...

Respondendo às perguntas formuladas pelos editores, eu diria que a ciência brasileira ficaria mutilada sem a revista *Ciência Hoje*. A parte gráfica e o estilo estão entre os das melhores revistas científicas, exceto o n.º 70. Considero que podem mexer em tudo, menos o que fizeram agora! Uma saída de imediato seria a mudança para trimestral, sem alterar a qualidade! Acredito que a palavra *crise* seja sinônimo de *provisório*. Antes da crise, eu assinava cinco revistas. Parei de assinar todas, menos *CH*. E quando terminar minha assinatura, vou renovar novamente, por mais dois anos.

DRAUZIO EDUARDO NARETTO RANGEL
ITATIBA (SP)

• Obrigado! O Índice Geral será publicado ainda este ano.

Acabo de receber o n.º 70, contendo o melancólico editorial 'Ameaça de extinção'. Espero e faço votos para que isso não aconteça com uma publicação de tão alto nível. É deveras lamentável o que seu editorial anuncia. Remeto meu cheque para renovação da assinatura. Procurarei convencer amigos meus a assinarem *CH*.

J. B. F. GRECO
MÉDICO, BELO HORIZONTE

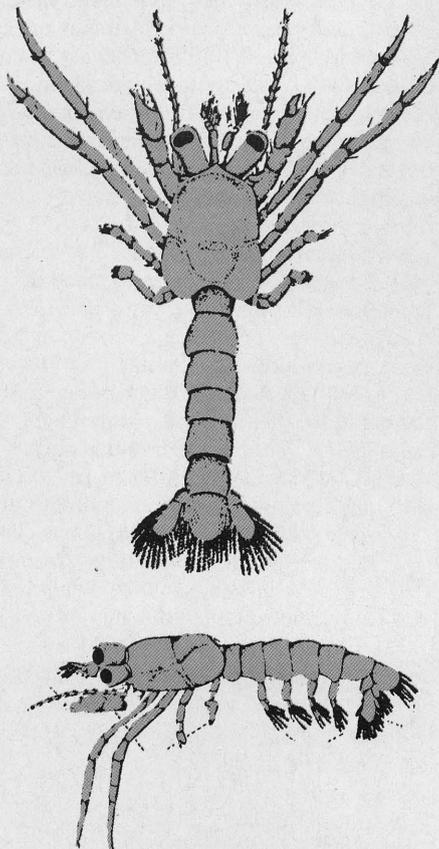
Aproveito este momento para dizer que estou muito satisfeito com o trabalho dos senhores, apesar de todas as dificuldades. E como sou estudante universitário do quarto período da Universidade Santa Úrsula (ou seja, paga), sei o que quer dizer dificuldades, principalmente financeiras.

Quero aqui também fazer um pedido: publiquem, se possível, uma matéria sobre ecologia marinha, já que é a área na qual pretendo atuar (...). Com dados concretos, pesquisas atuais etc., para que nós, leitores, possamos ter um conhecimento real do que estão fazendo com nosso ecossistema marinho.

LEONARDO SANTI
RIO DE JANEIRO

CARTAS DOS LEITORES

Paguros



Lendo o artigo sobre larvas de paguros (*Ciência Hoje* n° 70), vi uma citação que me confundiu em alguns conceitos. No décimo parágrafo, o autor diz que as semelhanças entre as diversas espécies de paguros podem ser entendidas como um fenômeno de convergência adaptativa. Por que deveríamos esperar que elas fossem muito diferentes se compartilham um ancestral comum não muito distante e, portanto, estruturas gênicas semelhantes? A convergência pressupõe linhagens diferentes com estruturas ou fisiologias semelhantes ou não? Qual a visão moderna sobre tal conceito?

ARINALDO ANTOLI GIARELA
VESTIBULANDO EM BIOLOGIA
CAMPINAS (SP)

• A professora Ana Luiza Brossi-Garcia, autora do artigo, responde:

Quando dois ou mais organismos, intimamente aparentados ou cujo grau de parentesco é mais distante, sofrem transformações semelhantes ao longo de suas respectivas histórias evolutivas, reconhecemos estar diante de um caso de evolução: paralela, se o grau de parentesco for grande, ou

convergente, se o grau de parentesco for menor. A convergência adaptativa, ao contrário da irradiação adaptativa (evolução em várias direções, partindo de um ancestral comum), pressupõe progenitores que foram em sua origem diferentes: gradualmente os descendentes tornam-se semelhantes devido a uma adaptação ao mesmo tipo de vida. Embora discutível (alguns autores parecem convencidos de que os ermitões são monofiléticos), a maioria dos modelos de classificação pressupõe para o grupo uma origem polifilética. No 11º parágrafo do artigo em questão, menciona-se que diferentes espécies de pagurídeos são muito semelhantes, mas na vida larval, e que isto se deve muito provavelmente ao fato de que esses indivíduos compartilharam, em um dado momento de suas vidas, de um mesmo hábitat.

Funbec

Solicito informações sobre a forma de aquisição das publicações da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (Funbec) sobre seres vivos, ambiente e revolução no ensino de ciências.

MARLENE INÊS DAMIAN
CARAZINHO (RS)

• *Você pode escrever diretamente para Funbec/Revista, Caixa Postal 2089, CEP 01051, São Paulo (SP)*

Bibliografia

Sou estudante de administração e alguns livros que li citam textos da *Harvard Business Review*, também indicada como sugestão para leitura pelo sr. Samuel Pinheiro Guimarães Neto em seu artigo 'Modernização, liberalização e política externa' (*CH* n° 69). Acreditando que a revista seria de grande utilidade para minha formação profissional, gostaria que me informassem como consegui-la.

CANDIDO VIEIRA BORGES JUNIOR
GOIÂNIA

• *O melhor é escrever diretamente para a revista, solicitando exemplares avulsos ou uma assinatura. Seu endereço é Soldiers Field, Boston 02163 — Massachusetts, EUA.*

Sou assinante da revista e solicito-lhes que me informem quais os principais centros de investigação parasitológica no Brasil

e as modalidades de bolsa de estudo concedidas pelo vosso governo, principalmente a estrangeiros. Agradeço a atenção que me possam dispensar.

JOÃO M. POIARES DA SILVA
LOUSÁ, PORTUGAL

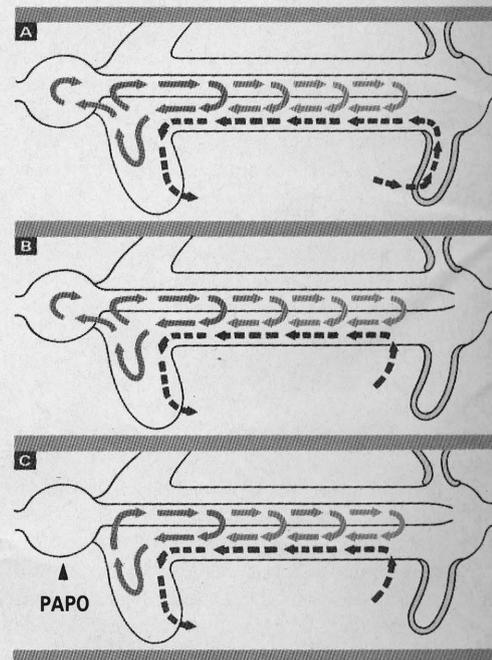
• *Estamos enviando as informações que nos pediu por carta. Aguarde.*

Correções

Foi com grande satisfação que comprovei a qualidade da composição e das ilustrações de nosso artigo 'A digestão dos insetos', publicado em *Ciência Hoje* n° 70, embora não deixe de lamentar que não tenha saído a cores. Entretanto, é preferível uma *Ciência Hoje* em preto e branco que nenhuma *Ciência Hoje*. Gostaria, contudo, de chamar a atenção para o fato de que a figura 11 (C) de nosso artigo apresenta um pequeno erro, tornando difícil a compreensão do texto correspondente. Anexo estou lhes enviando a correção necessária.

WALTER R. TERRA
USP, SÃO PAULO

• *Esta é a figura correta, mostrando que nos ancestrais Panorpóides (C), os mais recentes, as enzimas digestivas não são encontradas no papo.*





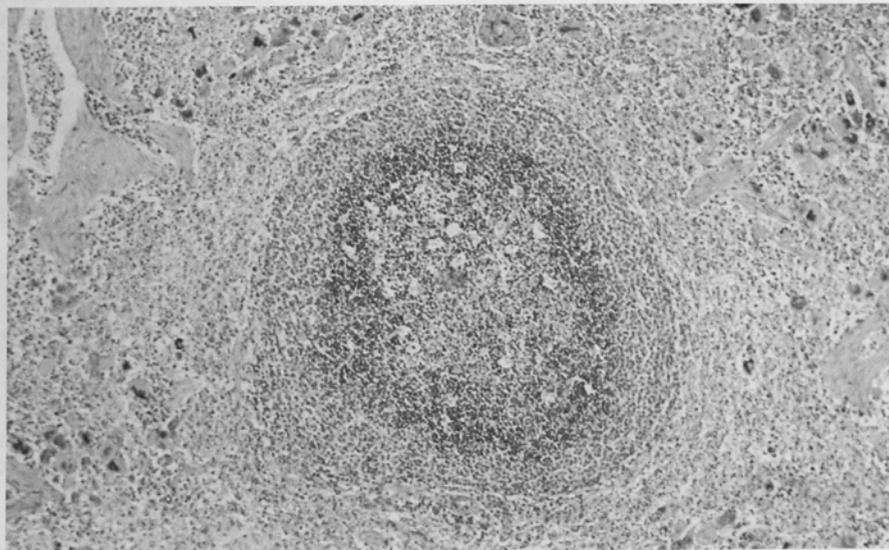
Vimos por meio desta agradecer pela publicação de nosso artigo 'Reprodução dos lagartos: incógnita em vias de solução?', em *CH* n° 71. Temos contudo duas ressalvas a fazer. A primeira é que o título saiu sem o ponto de interrogação, como estava na prova que chegou até nós. Segundo: no final do quarto parágrafo, a frase que se inicia por 'Cruzando exemplares de...' deveria ser substituída por 'Analisando exemplares de...'. Essa palavra não constava no original e acabou dando sentido errôneo às pesquisas feitas por Cole e colaboradores.

JOSÉ MANOEL MARTINS

MIGUEL TREFAUT URBANO RODRIGUES,
USP, SÃO PAULO

Desejo inicialmente parabenizar a SBPC pela excelente qualidade e nível técnico de suas publicações, principalmente da revista *Ciência Hoje*, a qual traz artigos de extremo interesse, e agradecer a publicação do artigo de minha autoria 'AIDS Felina', no seu n° 68. Em relação a esse artigo, houve, contudo, uma pequena incorreção na legenda da figura 3 (p. 63). Por isso, solicito a publicação da legenda correta.

MITIKA K. HAGIWARA
USP, SÃO PAULO



Depleção linfóide de folículo linfático em consequência da infecção pelo vírus da imunodeficiência dos felinos.

Área Médica

Como antigo e assíduo leitor desta maravilhosa revista, quero elogiar os artigos publicados no n° 70 ('Parasitas inteligentes', 'Fase crônica da doença de Chagas: propostas para um diagnóstico mais sensível' e 'Transdução de sinais'). Gostaria que fossem publicados mais artigos da área médica e pesquisas sobre engenharia genética (o que há de novo a nível nacional). Aproveito para pedir que divulguem meu endereço para troca de idéias com leitores interessados nessas áreas.

REGINALDO APDO DE MARIA

RUA SANTA CRUZ, 38, CEP 13360
CAPIVARI (SP)

Botânica

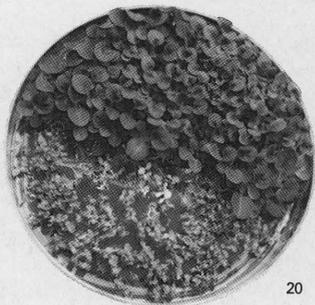
Venho pedir-lhes esclarecimento sobre o artigo publicado no n° 51: (1) o que eram as 'salas brasileiras' que foram perdidas em 1848? (2) como eu poderia me informar sobre as coleções de botânica de Raddi, em Florença, e Casaretto, em Turim? Aproveito para dizer que fiquei muitíssimo feliz com a matéria sobre o prof. Laboriau. Gostaria de ser aluno dele, mas sou criado em fazenda e não tive condições de estudar em uma universidade. Desde 1960 estudo genética e fisiologia vegetal, mas a cidade em que moro é pequena, tenho poucas publicações para ler. Mesmo assim tenho tido bons resultados. A sua revista tem me ajudado muito. (...) Trabalho atualmente pela recuperação do rio Araguaia (suas cabeceiras estão sofrendo com o desmatamento) e com orquídeas: envio mudas para preservação a 52 viveiros.

REGINALDO MENDONÇA

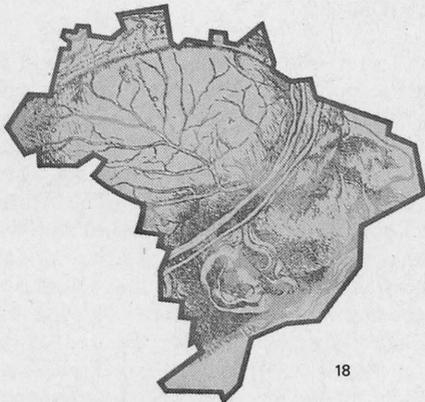
SANTA RITA DO ARAGUAIA (GO)

• *Nas salas brasileiras dos museus, incendiadas durante a revolução de 1848, estavam as coleções botânicas coletadas por Spix e Martius. Sobre Raddi e Casaretto, um caminho é escrever ao setor cultural da Embaixada da Itália em Brasília, ou ao cônsul do Brasil em Turim (Sr. Jacob Corso, Corso degli Abruzzi 40, 10128 Torino, Itália).*

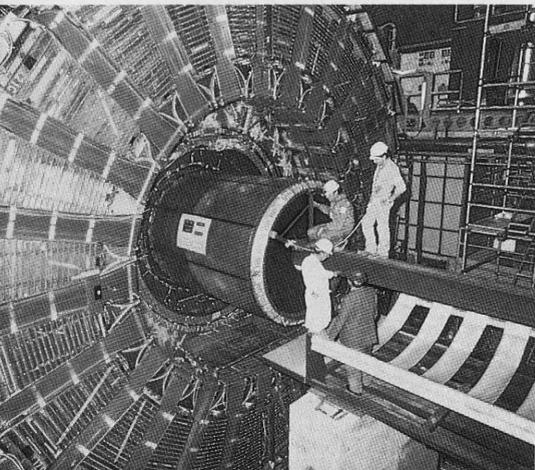




20



18



26

CARTAS

1

EDITORIAL

7

UM MUNDO DE CIÊNCIA

8

Estudos recentes sobre os movimentos de galáxias distantes reforçam a hipótese do 'grande atrator' — uma fantástica aglomeração de galáxias que explicaria, segundo alguns astrônomos, dúvidas ainda existentes sobre a expansão do universo. Por J. A. de Freitas Pacheco.

O LEITOR PERGUNTA

12

O astrofísico José P. S. Lemos diz o que acontece com a luz nas proximidades de um buraco negro e explica quais são as probabilidades de que a expansão das galáxias leve à formação de um buraco negro gigante, capaz de 'engolir' o próprio universo.

RESENHA

16

A perspectiva do desenvolvimento científico e tecnológico na América Latina é o tema do livro *Ciência y tecnología: estrategias y políticas de largo plazo*, organizado em Buenos Aires por Mario Albornoz e Pablo Kreimer e comentado por Jacques Marcovitch.

OPINIÃO

18

O ponto de vista do governo prevaleceu contra a unanimidade da opinião pública: a lei do regime jurídico único impede a contratação permanente de cientistas estrangeiros por universidades e centros de pesquisa públicos, prejudicando o país. Por Timothy M. Mulholland.

TOME CIÊNCIA

20

A transferência de genes entre espécies diferentes, quando realizada de modo controlado, pode permitir o aprimoramento da agricultura, multiplicando a resistência das plantas à poluição, às doenças e aos insetos. Por Odécio Cáceres.

Estudos sobre alterações do material hereditário das células foram apresentados durante o I Simpósio Latino-Americano de Mutagênese Ambiental, de 26 a 29 de maio em Caxambu.

ARTIGOS

FÍSICA DAS ALTAS ENERGIAS: HÁ ESPAÇO PARA O BRASIL?

26

Ronald Cintra Shellard

A física das altas energias envolve projetos tão grandiosos que não podem ser realizados por países isolados. A necessidade de colaboração internacional nessa área possibilita a participação de países como o Brasil, beneficiando tanto seus cientistas quanto sua indústria.

CUSTO DO ENSINO E EFICIÊNCIA DAS UNIVERSIDADES 36**Francisco Gaetani e Jacques Schwartzman**

Um estudo cuidadoso revela que os indicadores geralmente utilizados para comparar a produtividade e a eficiência das universidades brasileiras são insuficientes ou inadequados e têm levado algumas análises a conclusões infundadas sobre o custo do ensino superior no país.

A ANATOMIA DA MADEIRA 44**Pedro L. B. Lisboa**

Nos 260 milhões de hectares da floresta amazônica, com mais de 2.300 espécies vegetais, 700 gêneros e 120 famílias, como identificar as espécies produtoras de madeira, se os nomes vulgares variam de uma área para outra?

MARÉS VERMELHAS 52**José I. Carreto Iraurqui**

As marés vermelhas, catástrofes naturais, inevitáveis e quase sempre imprevisíveis, têm aumentado notavelmente nos últimos anos. Para atenuar seus efeitos, implementam-se hoje diversos sistemas de predição e controle, tarefa que ainda apresenta muitas dificuldades.

PERFIL 62

Aos 80 anos, Herman Lent continua lecionando e pesquisando o misterioso mundo dos insetos. Vítima da perseguição política dos governos militares, que descreveu em *O Massacre de Manguinhos*, foi um incansável defensor da criação do Ministério da Ciência.

É BOM SABER 68

A destruição de tomateiros na França levou à descoberta do fragmento subgenômico CARNA-5, vírus satélite causador da necrose dos vegetais, e deu origem a pesquisas genéticas extremamente proveitosas para a agricultura. Por Álvaro M. R. Almeida e Elliot W. Kitajima.

A notícia de que 'objetos estranhos' haviam caído no município paranaense de Pato Branco, quase na divisa com o estado de Santa Catarina, levou dois cientistas ao local. Eles contam o que encontraram lá. Por Germano B. Afonso e Carlos A. Nadal.

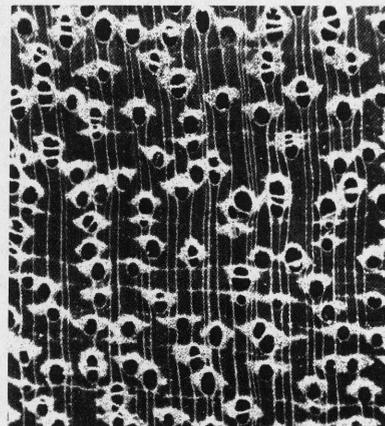
As condições inadequadas do ensino de química nas escolas públicas de primeiro e segundo grau podem explicar o aumento do número de vagas ociosas nos cursos e a imagem negativa que a disciplina tem. Por Carmen Lúcia A. C. Pagotto e Luci Martins Viana.

A parcela da cultura brasileira formada por livros e documentos vem sendo atacada por inimigos que têm alto poder de destruição e são difíceis de combater: os insetos bibliófagos. Denise Pamplona revela quais as espécies mais destruidoras e como podem ser reconhecidas.

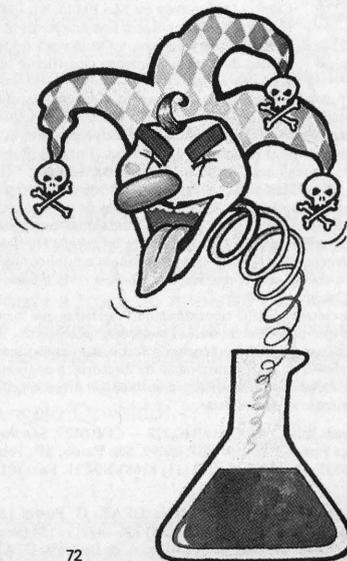
A Sociedade Brasileira de Química reuniu em Caxambu 1.500 professores e pesquisadores, que mostraram pesquisas e debateram os temas atuais que envolvem esta área da ciência.

PONTO DE VISTA 80

Entre 1985 e 1988, o Brasil começou a esboçar uma política tecnológica. Ao fazer um balanço do que foi feito então, Reinaldo Guimarães diz que as ações do passado continuam sendo um modelo para as do presente, embora estas não sigam o ritmo que seria desejável.

CAPA A PARTIR DE FOTO DE BETO FELÍCIO

44



72

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

Secretaria: Av. Veneslau Brás, 71, fundos, casa 27, Rio de Janeiro, CEP 22290, tels.: (021) 295-4846. Telex: (21) 36952. Fax: (021) 541-5342.

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

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

Diretor: José Monserrat Filho.

Secretaria de Redação: Cilene Vieira (editora associada); Soraya Araújo (secretária); Maria Ignez Duque Estrada e Marília Martins (editoras de texto); Regina Ferreira (coord. de revisão); Alicia Ivanisovich (coord. de jornalismo); Luisa Massarani (repórter); Micheline Nussenzeig (setor internacional).

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

Administração: Elizabeth Guedes (gerente), Neuzia Maria de Oliveira Soares, Cleber J. de Azevedo Pinto, Carmen Lúcia Gonçalves Leal, Ailton Borges da Silva, Marly Onorato, Guilherme Frederico da Silva e Vanderley dos Santos Araújo.

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

Departamento Comercial: Alvaro Roberto S. Moraes (gerente); Irani F. Araújo (secretária).

Colaboraram neste número: Maria Luiza X. de A. Borges (edição de texto); Rachel Valença, Vilma Homero (revisão); Luiz Fernando P. Dias (análise de sistemas); Marta Rodrigues (arte-final); A3/Ana Luisa Escorrel e Heloisa Faria (edição de arte da matéria 'Marés vermelhas').

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

Sucursal Belo Horizonte: Ângelo B. Machado, Roberto Barros de Carvalho, Marise Souza Muniz, Sílvia Godinho (estagiária) — Depto. de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas/UFMG, C. Postal 2486, CEP 31160, Belo Horizonte, MG, tel.: (031) 443-5346.

Sucursal Brasília: Margareth Marmorini — ICC, Ala Sul, sobreloja 301, Campus Universitário, UnB, CEP 70910, Brasília, DF, tel.: (061) 273-4780.

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

Sucursal São Paulo: José Carlos C. Maia, Vera Rita Costa, Carmen Lúcia Visconti Weingrill, Márcia Guena dos Santos (estagiária) — Av. Professor Luciano Gualberto, 374, Prédio da Antiga Reitoria, Cidade Universitária, USP, CEP 05508, São Paulo, SP, tels.: (011) 814-6656 ou 813-3222, r. 2713.

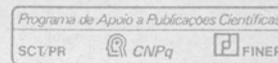
Correspondentes: **Porto Alegre:** Gilberto Carvalho Ferraz — Travessa Luiz Englert s/nº, prédio 20, sala 09, Campus Central/UFRRS, CEP 90040, Porto Alegre, RS, tel.: (0512) 27-5529. **Curitiba:** Glaci Zancan — Dep. de Bioquímica, Universidade Federal do Paraná, Campus Universitário Jardim das Américas,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

Correspondente em Buenos Aires: Revista *Ciencia Hoy*, Corrientes 2835, Cuero 4, 5º A, 1193, Capital Federal, tels.: (00541) 961-1824, 962-1330. Neste endereço pode-se adquirir *Ciência Hoje* (preço sujeito a confirmação). Na sede de *Ciência Hoje*, pode-se adquirir ou assinar *Ciencia Hoy* (preço sujeito a confirmação).

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

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

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



Publicidade: São Paulo: Bartolomeu Mastrochirico, tel.: (011) 62-1710, fax (011) 263-2521; Rio de Janeiro: Alvaro Roberto S. Moraes, tel.: (021) 295-4846 e 295-9443, fax (021) 541-5342. Brasília: Deusa Ribeiro, tel.: (061) 223-9745.



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

Desde sua fundação organiza e promove reuniões anuais, com a participação de cerca de 70 sociedades e associações científicas das diversas áreas do conhecimento, onde professores e estudantes discutem seus programas de pesquisa. Temas e problemas nacionais e regionais são debatidos com participação frangeada ao público em geral. Através de suas secretarias regionais promove simpósios, encontros e iniciativas de difusão científica ao longo de todo o ano. Mantém ainda quatro projetos nacionais de publicação; a revista *Ciência e Cultura* (1948-) e a revista *Ciência Hoje* (1982-), que se destinam a públicos diferenciados, o *Jornal da Ciência Hoje* (1986-) e a revista *Ciência Hoje das Crianças* (1990-).

Podem associar-se à SBPC cientistas e não-cientistas que manifestem interesse pela ciência; basta ser apresentado por um sócio ou secretário-regional e preencher o formulário apropriado. A filiação efetiva-se após a aprovação da diretoria, e dá direito a receber o *Jornal da Ciência Hoje* e a obter um preço especial para as assinaturas das revistas.

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

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

CEP 40210, Salvador, BA, tels.: 247-2714, 247-0646 (Dionacarlos Soares de Vasconcelos); **CE** - Depto. de Ciências Sociais e Filosofia/UFCE, Av. da Universidade, 2762, Benfica, CEP 60020, Fortaleza, CE, tel.: (085) 243-8047 (Maria Sulamita de A. Vieira); **DF** - Depto. de Antropologia/UnB, Campus Universitário, CEP 70910, Brasília, DF, tel.: 273-3264 (Gustavo Lins Ribeiro); **GO** - Instituto de Ciências Biológicas/UFGO, Campus Universitário, CEP 74000, Goiânia, GO, tel.: (062) 205-1000, r. 152 (Joaquim Tomé de Sousa); **MA** - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação/UFMA, Largo dos Amores, 66, CEP 65000, São Luís, MA, tels.: (098) 232-3370, 232-3807 (Othon de Carvalho Bastos); **MG** - Depto. de Física/UFMG, Av. Antonio Carlos, 6627, CEP 31270, Belo Horizonte, MG, tel.: (031) 441-9466, r. 219/225 (Márcio Quintão Moreno); **Viçosa** (seccional) - Depto. de Biologia Geral/UFV, CEP 36570, Viçosa, MG, tel.: (031) 899-2512 (Lucio Antonio O. Campos); **MT** - Depto. de Geologia/UFMT, Av. Fernando Correa s/nº, CEP 78000, Cuiabá, MT, tel.: (065) 315-8751 (José Domingues de Godoi Filho); **MS** - Depto. de Química/UFMS, Cidade Universitária, CEP 79100, Campo Grande, MS, tel.: (067) 387-3311, r. 346 (Dario Xavier Pires); **PA** - Depto. de Geofísica/UFPA, C. Postal 1611, CEP 66001, Belém, PA, tels.: (091) 229-5438 ou 229-1811, r. 26 (Jacira Felipe Beltrão); **PB** - Depto. de Física/UFPB, C. Postal 5008, CEP 58051, João Pessoa, PB, tel.: (083) 224-7200, r. 2435 (Mauru Kyotoko); **PE** - Depto. de Economia/UFPE, Av. Luis Freire s/nº, Área II, Cidade Universitária, CEP 50000, Recife, PE, tel.: (081) 271-2211, r. 6844 (Divaldo de Almeida Sampaio); **PI** - Depto. Biomédico/UFPI, Campus Universitário, CEP 64000, Teresina, PI, tels.: (086) 232-3913, 232-1729 (Manoel Chaves Filho); **PR** - Depto. de Biologia Geral/UE de Londrina, C. Postal 6001, CEP 86051, Londrina, PR, tel.: (043) 227-5151, r. 247/477 (Ana Odete Santos Vieira); **Curitiba** (seccional) - Depto. de Planejamento e Administração Escolar/UFPR, Rua Gal. Carneiro, 460, CEP 80001, Curitiba, PR, tels.: (041) 222-7870 ou 264-2522, r. 277/292 (Evaldo Antonio M. Ferreira); **Maringá** (seccional) - Depto. de Análises Clínicas/UE de Maringá, Av. Colombo, 3690, CEP 87020, Maringá, PR, tel.: (0442)

26-2727, r. 215/3113 (Rafael Campos Bezerra); **RJ** - Depto. de Engenharia Mecânica/PUC, Rua Marquês de São Vicente, 225, CEP 22453, Rio de Janeiro, RJ, tels.: (021) 259-5197, 529-9578 (Eloí Fernandez y Fernandez); **RN** - Depto. de Informática e Matemática Aplicada/UFRRN, C. Postal 1527, CEP 58072, Natal, RN, tel.: (084) 231-1266, r. 257 (Pedro Fernandes Maia); **RO** - Depto. de Ciências Biomédicas/UFRO, CEP 78900, Porto Velho, RO (Elizabeth Antonia L. de M. Martine); **RS** - Campus Central/UFZ, Prédio 20, Sala 9A, Travessa Luiz Englert s/nº, CEP 90040, Porto Alegre, RS, tel.: (051) 227-5529 (Gilberto Carvalho Ferraz); **Pelotas** (seccional) - Depto. de Zoologia e Genética/UFPEL, Campus Universitário, CEP 96001, Pelotas, RS, tel.: (053) 221-2033 (Maria da Graça M. Roth); **Rio Grande** (seccional) - Depto. de Oceanografia, Universidade do Rio Grande, Caixa Postal 474, CEP 96200, Rio Grande, RS, tel.: (0532) 32-8711 r. 11 (Luiz Paulo Rodrigues Cunha); **Santa Maria** (seccional) - CPG Extensão Rural/UFSM, Campus Universitário, CEP 97100, Santa Maria, RS, tel.: (055) 226-1616, r. 235/2165 (Gustavo Martin Quesada); **SP** (subárea I) - Depto. Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP, C. Postal 8105, CEP 01051, São Paulo, SP, tel.: (011) 211-5008 ou 210-2122, r. 593 (José Pereira de Queiroz Neto); **SP** (subárea II) - Depto. de Genética/ESALQ, C. Postal 83, CEP 13400, Piracicaba, SP, tels.: (0194) 22-3087 ou 33-0011, r. 2251 (Aline Aparecida Pizzirani Kleiner); **SP** (subárea II, seccional Botucatu) - Depto. de Genética, Instituto de Biociências/UNESP, Campus Universitário, CEP 18610, Botucatu, SP, tel.: (0149) 22-0555, r. 229 (Romeu Cardoso Guimarães); **SP** (subárea III) - Depto. de Tecnologia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Rodovia Carlos Tonani, km 05, CEP 14870, Jaboticabal, SP, tel.: (0163) 22-4000, r. 254/255 (Márcia Justino R. Mutton); **SC** - Coordenadoria Especial de Farmacologia/UFSC, Rua Ferreira Lima, 26, Centro, CEP 88015, Florianópolis, SC, tel.: 22-4164, 33-9491 (Thereza Cristina M. de L. Nogueira); **SE** - Depto. de Serviço Social/UFSE, Campus Universitário, CEP 49000, Aracaju, SE, tel.: 224-1331, r. 347 (Maria Helena S. Cruz).

MENSAGENS A MARCÍLIO E A GOLDEMBERG

Ameaçados de colapso como jamais em outra época, os principais centros de pesquisa clamam por soluções de emergência. Compartilhando o clima depressivo das universidades federais, onde em geral se situam, eles sofrem com igual intensidade o impacto de uma política salarial devastadora. O desamparo de setores tão fundamentais quanto ao desenvolvimento do país, provavelmente, nunca foi tão evidente. Esta realidade já ficou patente nas primeiras audiências da Comissão Parlamentar de Inquérito — instaurado pelo Congresso Nacional para apurar as causas do atraso tecnológico que se abateu sobre o país. Preocupada, a comunidade científica brasileira, por meio de delegações altamente representativas, procurou contato direto com o secretário de Ciência e Tecnologia da presidência da República, José Goldemberg, e com o ministro da Economia, Marcílio Marques Moreira, deixando registrados por escrito seus pleitos mais importantes.

O texto dirigido ao secretário Goldemberg pede “providências imediatas” para reverter “o quadro de profunda depressão em que se encontram nossos centros de pesquisa” e “evitar efeitos catastróficos, como aqueles que já estão ocorrendo em nações vizinhas de longa tradição na pesquisa”. A Argentina é a referência óbvia. Sua atividade científica já fez jus, no passado, a dois prêmios Nobel. Hoje, sofre as conseqüências do descaso que a está esmagando nos últimos 20 anos.

O texto dirigido ao ministro Marcílio solicita “medidas urgentes para a preservação do nosso patrimônio científico”, visando, especialmente, à “recuperação dos recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT)”. A razão é simples: “O reaparelhamento dos laboratórios, totalmente desatualizados, sua manutenção, os desembolsos com pessoal técnico de apoio requerem recursos que, por seu porte e estrutura, tradicionalmente e a curto ou médio prazo só poderão ser atendidos pelo FNDCT. A atual infra-estrutura da pesquisa foi construída com base nos recursos do FNDCT e não tem condições de sobrevivência sem eles.”

Esse entendimento consensual na comunidade científica foi ressaltado ao secretário Goldemberg. A carta a ele lembra que “a desativação do FNDCT já desencadeou um processo capaz de acarretar a liquidação das melhores instituições de pesquisa do país, mesmo que o CNPq alcance o nível esperado, proposto por seu Conselho Deliberativo, de investir 30% do seu orçamento total em auxílios à pesquisa”.

Ao ministro Marcílio, que também recebeu cópia da carta ao secretário Goldemberg, submeteu-se um programa mínimo de sete pontos, em busca da imediata revitalização do FNDCT e de outras fontes de fomento à pesquisa:

1) Liberar, para pronto desembolso, sete bilhões de cruzeiros do orçamento do FNDCT, de cujo total até hoje apenas um terço foi liberado.

2) Liberar os recursos da contrapartida do empréstimo do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) para ciência e tecnologia, dos quais cerca de 20 milhões de dólares se destinam ao FNDCT.

3) Descontingenciar a parcela restante do orçamento de 1991 da Secretaria de Ciência e Tecnologia, para aliviar a crítica situação das instituições, cujos programas de pesquisa não dependem diretamente do FNDCT.

4) Reforçar os recursos do CNPq para auxílio à pesquisa, o que inclui, necessariamente, verbas suplementares para os minguados orçamentos dos institutos de pesquisa do próprio CNPq, hoje impossibilitados de manter condições mínimas de funcionamento.

5) Elevar, ainda este ano, os recursos globais do FNDCT para cem milhões de dólares, capazes de atender a cerca de 30% da demanda qualificada já em carteira, mas ainda bastante inferiores aos de meados dos anos 70, quando a comunidade científica era bem menor que hoje.

6) Reforçar a previsão orçamentária do FNDCT para 1992, para permitir o atendimento de 50% da demanda qualificada.

7) Fixar na Lei de Diretrizes Orçamentárias prioridade para a formação de recursos humanos e para a pesquisa básica e aplicada, funções precípuas das universidades e institutos de pesquisa, cruciais para o desenvolvimento tecnológico.

Os pleitos, porém, não se limitaram a ações de curto prazo. Ao ministro Marcílio foram solicitados os meios necessários à implantação do Programa de Entidades de Pesquisa Associadas. Este plano incorpora as mais profundas aspirações da comunidade científica brasileira, na medida em que irá estruturar um sistema estável e contínuo, capaz de superar, enfim, a longa sucessão de sobressaltos, flutuações e crises que afetam o financiamento da pesquisa no Brasil.

A comunidade científica, ao final, colocou-se à disposição do Ministério da Economia para “colaborar na discussão do papel da ciência e da tecnologia no planejamento de médio e longo prazos do setor econômico”. Seria uma oportunidade de mostrar, na prática de uma área sufocada por casuísmos e ziguezagues extremamente perversos, a necessidade de um projeto nacional de longo alcance, capaz de abrir um mínimo de perspectivas a este país saturado de injustiças e frustrações.

A MATÉRIA NO UNIVERSO

As galáxias podem ser observadas por nós graças às estrelas, que emitem radiação eletromagnética (fótons). Estrelas desaparecidas (ou 'mortas') não emitem radiação, mas contribuem para a massa da galáxia a que pertenceram. Apesar disto, a presença dessa matéria escura constituída pelas estrelas 'mortas' não é suficiente para explicar a rotação que se observa no ambiente gasoso (hidrogênio). A presença da matéria escura tampouco serve de explicação para a interação gravitacional entre duas galáxias que orbitam em torno do mesmo centro de massa. Tais observações têm levado muitos astrônomos simplesmente a admitirem que existe uma outra componente na estrutura da galáxia, que contribuiria para a massa e não emitiria radiação.

De todo modo, a existência dessa matéria escura nas galáxias suscita uma série de questões. Qual seria a sua natureza? Estaria tal matéria confinada unicamente às galáxias? Ou seria possível encontrá-la distribuída em outras escalas? A simples observação da distribuição espacial das galáxias (distribuição luminosa) seria suficiente para nos fornecer informações quanto à forma de aglutinação desta hipotética matéria escura?

A distribuição irregular das galáxias no espaço e, portanto, da matéria a elas associadas, causa o aparecimento de forças gravitacionais responsáveis por movimentos peculiares. Há um deslocamento para o vermelho do comprimento de onda da radiação emitida pelas galáxias, fenômeno usualmente interpretado através do efeito Doppler. Assim sendo, ele é uma medida da velocidade da galáxia da linha de visada. Em geral, podemos considerar que a velocidade assim observada possui duas componentes: uma provocada pela expansão do universo (que obedece à chamada 'lei de Hubble') e outra devida a uma componente peculiar. A velocidade de expansão depende da distância. Logo, se for possível (de forma independente) determinar a distância da galáxia, o valor da velocidade de expansão pode ser estimado. Como consequência, a partir das observações do desvio para o vermelho, podemos avaliar a componente peculiar da velocidade.

Por outro lado, como essa componente peculiar é causada por forças gravitacionais, torna-se possível, teoricamente, me-

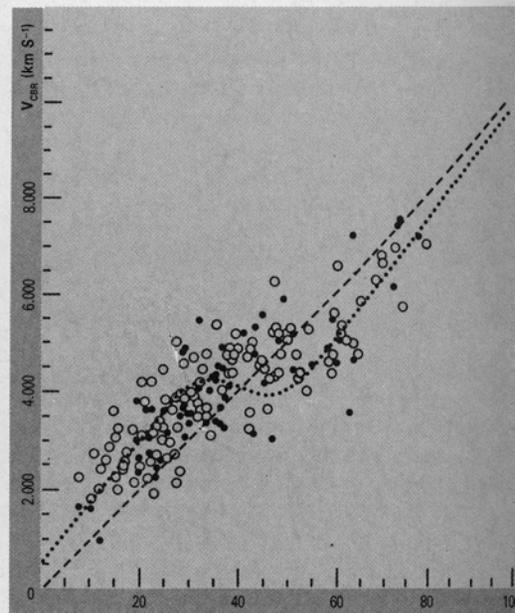
dir a densidade de matéria que produz tais forças. Este tipo de análise, que vem sendo adotado por diversos pesquisadores em diferentes países, é um meio poderoso para se verificar a presença (ou não) de matéria escura no universo.

Recentemente, um grupo de sete astrônomos, conhecido como 'os sete samurais' (a saber, Sandra Faber, da Universidade da Califórnia; Roberto Terlevich, do Observatório de Greenwich; Roger Davies, da Universidade de Oxford; David Burstein, da Universidade do Arizona; Donald Lynden Bell, de Cambridge; Gary Wegner, da Universidade de Dartmouth; Alan Dressler, do Observatório de Las Campanas), detectou um movimento peculiar, envolvendo várias galáxias até uma distância da ordem de 80-100 megaparsecs (1 megaparsec = 1 Mpc = 3×10^{19} km). Em suas observações, eles obtiveram indícios de que o centro de atração se localizava além da região densa em galáxias como Centaurus.

Esse centro de atração foi denominado 'grande atrator'. Desde então uma grande polêmica foi aberta entre os pesquisadores da área, envolvendo a existência de tal centro de atração, que representaria uma fantástica concentração de galáxias. A realidade de um tal atrator estava condicionada a um experimento *crucis*, cujo resultado depende da situação analisada.

Se quisermos estudar galáxias situadas entre o centro de atração e nós, devemos observar essencialmente movimentos peculiares positivos. Mas, por outro lado, se observarmos galáxias um pouco mais distantes que o centro de atração, devemos obter movimentos essencialmente negativos. Se esse comportamento no campo de velocidades peculiares não for observado, a concepção do 'grande atrator' estará em sérias dificuldades.

No entanto, tal não parece ser o caso. Em artigo recém-publicado na revista *Nature* (vol. 350, abril de 1991), Alan Dressler analisa a questão, apresentando novas medidas de velocidades em galáxias situadas além do centro de atração. A figura 1, retirada do artigo mencionado, mostra a inversão de sinal esperada nas velocidades peculiares, perfeitamente consistente com a existência desta surpreendente aglomeração de galáxias — o 'grande atrator'. A linha tracejada seria o esperado considerando-se



Comparação entre as observações (pontos) e os modelos do 'grande atrator' (linha pontilhada em 's') e da expansão pura de Hubble (linha tracejada).

apenas a expansão do universo ('lei de Hubble'). Já a linha pontilhada representa o esperado, quando a essa expansão do universo se superpõe o campo peculiar devido ao atrator. Como se verifica, os pontos observados, apesar dos erros devidos a diferentes fatores, são consistentes com a idéia de atrator.

Embora um número maior de observações seja necessário e qualquer conclusão ainda possa ser considerada prematura, os dados atuais sugerem a realidade do atrator. A compreensão do campo peculiar de velocidades por ele induzido pode ser uma das chaves mais importantes para conhecermos a distribuição de matéria nessa região do universo. Só assim chegaremos a um de seus mais bem guardados segredos: a natureza da massa escura.

J. A. DE FREITAS PACHECO
INSTITUTO ASTRONÔMICO E GEOFÍSICO,
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

CHEGOU A HORA DE CIÊNCIA E ECOLOGIA FICAREM JUNTAS.

GLOBO
CIÊNCIA

No mundo inteiro, a ciência e a ecologia estão se unindo cada vez mais. A Fundação Roberto Marinho resolveu aproximar as duas ao máximo. A partir de agora, o Globo Ciência e o Globo Ecologia vão ao ar no mesmo dia: domingo.

As suas manhãs de domingo na Globo vão render muito mais.



7:40h

DOMINGO

8:10h


ECOLOGIA

Você acorda cedo e descobre no Globo Ciência como os avanços científicos podem melhorar o seu dia-a-dia. Logo depois, a Natureza invade sua casa. É o Globo Ecologia, mostrando as maravilhas do planeta e as lutas para a preservação do ecossistema.

Globo Ciência e Globo Ecologia. Juntos, eles vão dar a maior força às suas manhãs de domingo.

No rastro do cometa de Halley

Acredita-se que o cometa de Halley, que passou perto do Sol em 1986, tenha se dividido em dois. De nosso planeta foi possível ver sua longa cauda. Fotografias tiradas por naves espaciais revelaram seu núcleo de gelo e sua cauda feita de gás e pó.

Continuando sua órbita, à medida que se afasta do Sol, o cometa vai perdendo o brilho. No entanto, astrônomos do Observatório Austral Europeu (ESO), no Chile, continuaram a observá-lo, e ao invés de um pequeno ponto luminoso, encontraram um brilho 300 vezes mais intenso que o esperado. O espectro revelou tratar-se de uma nuvem de pó de 300 mil km de comprimento.

Os cientistas estão intrigados com a notícia. O cometa Halley está atualmente entre Saturno e Urano. Calcula-se que a temperatura de sua superfície iluminada pelo Sol seja de aproximadamente -200°C . Não pode haver gás sublimado acompanhando o cometa pois, na sua passagem perto do Sol, o gás teria evaporado. As partículas carregadas que constituem os ventos solares também não têm intensidade suficiente para produzir os efeitos observados.

Na opinião de um astrônomo da Universidade de Sheffield, a explicação mais plausível é que tenha havido uma colisão com um corpo sólido, probabilidade pequena mas não desprezível. O núcleo do cometa é feito de partículas de gelo pouco compac-

tadas, como a neve. Um meteorito de um grama poderia provocar a ejeção de 10 mil cm^3 de matéria do cometa. Há conjecturas de que isto possa ter acontecido em 1845 com o cometa Biela, que se dividiu em dois.

New Scientist, n.º 1.759, p. 22 (1991)

Sorvedouros de dióxido de carbono

Somente 60% do dióxido de carbono (CO_2) emergente dos canos de descarga dos automóveis e chaminés de indústrias permanece na atmosfera e é responsável pelo aumento do efeito estufa. Os 40% restantes distribuem-se em verdadeiros 'sorvedouros' na terra e nos oceanos, reduzindo os efeitos de aquecimento climático.

Estudos recentes têm mostrado erros sistemáticos dos pesquisadores na estimativa da distribuição dos sorvedouros de CO_2 sobre o globo. Acreditou-se durante anos que os oceanos do sul eram os maiores sorvedouros de CO_2 , mas estudos feitos no ano passado mostraram que a contribuição de áreas de terra no hemisfério Norte era maior do que se pensava.

Uma série de medições na região nordeste do Atlântico revelou que a absorção de CO_2 dependia fundamentalmente da concentração de plâncton em águas superficiais, resultado importante para o atual debate sobre a localização dos principais sorvedouros de CO_2 .

Science News, 23/3, p. 191 (1991)



Mico-leão dourado criado no Parque Zoológico Nacional (EUA). Foto extraída da *Nature*, vol. 351, p. 89 (1991)

Mico-leão dourado

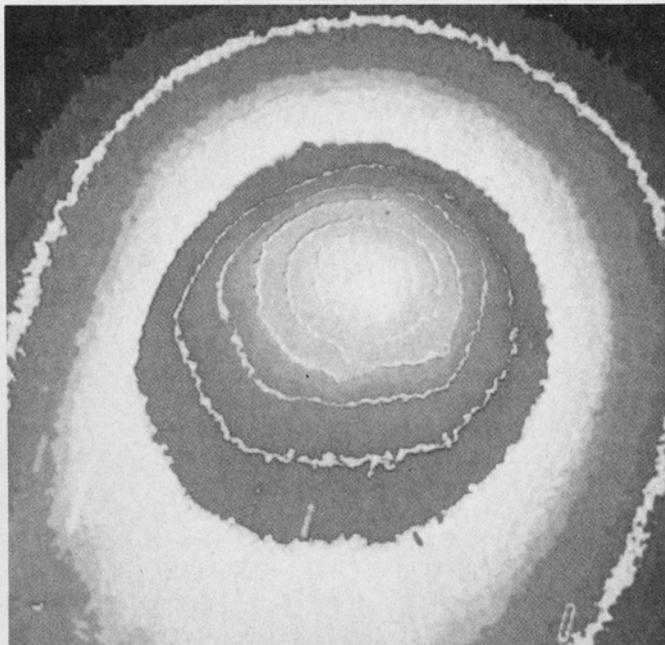
Nos Estados Unidos, onde parques zoológicos participam de um projeto de criação e de reintegração de espécies em extinção em seus respectivos habitats, foi detectada uma contaminação por CHV (*Callitrichid hepatitis virus*) num dos 11 micos-leões do Parque Zoológico Nacional que esperavam o retorno ao Brasil. Acredita-se que o vírus, presente em primatas do Velho Mundo, tenha sido transmitido para os micos-leões através de roedores, possivelmente filhotes de camundongos dos quais os micos se alimentam.

Antes da reintrodução no seu ambiente natural, os micos são mantidos em quarentena e submetidos a exames frequentes para verificar possíveis problemas genéticos e contaminação por vírus e parasitas. Uma vez no Brasil, são observados diariamente por especialistas durante um período de seis meses. Até o momento, não há registro de transmissão de doenças nos 75 micos reintegrados na fauna local.

A contaminação do mico-leão levou a repensar as questões de segurança das campanhas de reimportação das espécies para seus habitats. Há quem ache válido correr o risco em prol de manter a diversificação genética nas selvas. Muitos pesquisadores consideram melhor organizar a criação e conservação das espécies em extinção no seu ambiente natural, de modo a minimizar os riscos de exposição a novas doenças. Entretanto, os programas de conservação costumam ser patrocinados por pessoas de alto poder aquisitivo que desejam manter os animais nos jardins zoológicos para serem vistos e admirados.

Nature, vol. 351, p. 89 (1991)

Fotografia do Halley tratada por técnicas modernas da NASA, 1981.



CFCs e transferência de tecnologia

Segundo o protocolo de Montreal de 1987, a produção de clorofluorcarbonetos (CFCs) — gases usados para refrigeração — deve ser interrompida até o ano 2000 nos países industrializados e até 2010 nos países em desenvolvimento. No fim de abril, discutiu-se em encontro internacional a substituição de CFCs e a transferência de tecnologia para os países em desenvolvimento.

Pelas medidas tomadas em Montreal, todos os equipamentos que empregam CFCs deverão ser reformulados. Alguns países poderão recorrer às multinacionais para efetuar a substituição. Outros estudam a possibilidade de criar *joint-ventures*. Mas muitos não terão condições de pagar a transferência de tecnologia. Os signatários do protocolo instituíram um fundo multilateral para despesas associadas à substituição dos CFCs, mas nada consta sobre a instalação dos novos equipamentos.

Até agora, o maior esforço foi o do governo do México, que está se empenhando na redução dos CFCs. As indústrias locais também se preparam para a substituição. Se for concretizado o futuro tratado de livre comércio com os EUA, o governo mexicano não vai querer manter uma indústria com dez anos de atraso.

Nature, vol. 351, p. 6 (1991)

O zooplâncton e as partículas

Partículas atmosféricas são importante fonte de elementos químicos para a água do mar. O que acontece com esses elementos quando submetidos às correntes e à ação do zooplâncton? Para estudar tais processos físicos e biológicos, uma equipe francesa construiu um modelo experimental de transporte de partículas numa coluna de água.

Os pesquisadores utilizaram partículas de alumínio como 'traçadores' das partículas minerais. Os resultados do modelo mostraram que o fluxo das partículas depende essencialmente da atividade biológica. Se esta é elevada, as partículas servem de alimento ao zooplâncton e depois são liberadas, aglomeradas sob forma de detritos, se instalando no fundo do mar. Quando a atividade é fraca, as partículas muito finas ficam suspensas no topo da coluna de água durante várias semanas para então serem levadas até águas profundas.

O modelo leva em conta a variação do coeficiente de difusão em função da pro-

fundidade e da estação do ano. Os resultados obtidos permitem seguir as variações da concentração de alumínio ao longo do ano. Este processo poderia ser aplicado ao estudo do transporte vertical de substâncias que contaminam a água do mar.

La Recherche, vol. 22, n.º 231, p. 418 (1991)

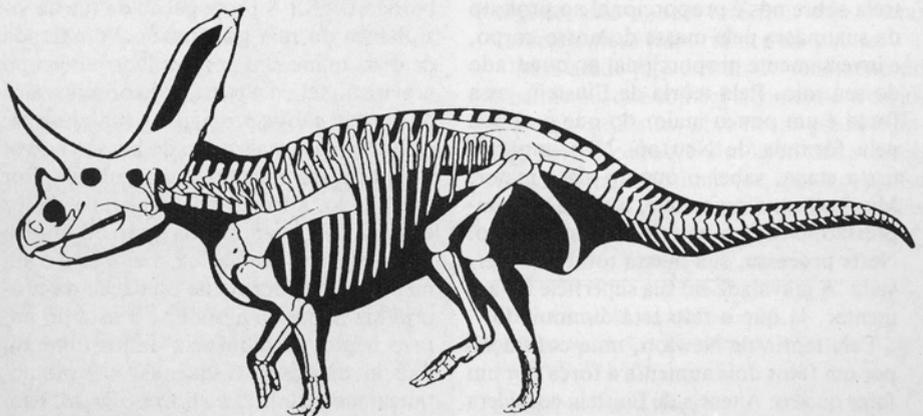
Ossada completa de chamossoauro

Descoberto um esqueleto quase completo de dinossauro com chifre, com cerca de 2 m de comprimento e 80 milhões de anos, no Parque Nacional do Big Bend, no Texas. O autor desse achado, Tom Evans, estudante do último ano de graduação da Universidade de Chicago (EUA), estava em trabalho de campo com sua turma de paleontologia. Acredita-se que esta relíquia seja o maior esqueleto desse animal já encontrado na face da Terra.

Deduz-se pela descoberta que esse tipo de dinossauro, conhecido como chamossoauro, teria migrado mais para o sul do que se imaginava. Acredita-se que os chamossoauros pesavam cerca de cinco toneladas e mediam até dez metros de comprimento.

Em seu primeiro dia de prospecção, Evans, com apenas 11 semanas de curso de paleontologia, viu algo 'curioso' que despontava do solo. A escavação desvendou o esqueleto, o primeiro intacto encontrado nesse parque. O paleontólogo Paul Sereno, professor de Evans, classificou a descoberta como "única no século". Ele achou em 1988, na Argentina, o mais velho dinossauro, o herrerassauro, de 230 milhões de anos.

Science, vol. 252, p. 207 (1991)



Reconstrução do chamossoauro, baseada nos novos ossos encontrados no Parque Nacional de Big Bend, no Texas (EUA). Desenho extraído da *Science*, vol. 252, p. 207 (1991)

Novo alerta sobre a camada de ozônio

De acordo com estudos da agência espacial dos Estados Unidos (NASA), a camada de ozônio na atmosfera da Terra está desaparecendo muito mais rápido do que se acreditava. Resultados ainda não publicados indicam uma diminuição da camada sobre os Estados Unidos de 4-5% desde 1978.

Atribui-se esta perda principalmente aos clorofluorcarbonetos (CFCs), gases produzidos sinteticamente e usados em refrigeração; aos gases usados em *sprays* e a outros resíduos industriais voláteis. Os dados foram obtidos com um espectrômetro de mapeamento de ozônio instalado num satélite da NASA.

A perda de ozônio, além de ter sido observada mais ao sul do que o previsto, foi detectada durante a primavera, quando se pensava que só seria significativa no inverno. Acredita-se que temperaturas mais elevadas diminuam a velocidade da reação da quebra do ozônio pelo cloro dos CFCs.

Os pesquisadores estimam que a cada 1% de perda de ozônio na alta atmosfera a incidência de raios ultravioletas sobre a superfície da Terra aumenta em 2%, o que poderá duplicar a ocorrência de câncer de pele nos próximos 50 anos.

A perda de ozônio ocorre mais no hemisfério Norte. Pelo protocolo de Montreal de 1987, os países industrializados se comprometeram a acabar com a produção de CFCs no ano 2000 e os países em desenvolvimento em 2010. Entretanto, diante destes novos dados, é possível que tais medidas tenham de ser tomadas num prazo menor.

Nature, vol. 350, n.º 6.318, p. 451 (1991)

“Se um buraco negro possui alto poder de atração, tanto que nem a luz pode dele escapar, a luz em atração não seria acelerada além do seu limite de velocidade normal quando caísse na área de atração do buraco negro?

Em um futuro longínquo, quando o universo se compuser principalmente de buracos negros, estes não se atrairiam mutuamente, assim como a outros corpos, fazendo com que parassem de se expandir e passassem a se contrair totalmente?”

LUIZ ABEL SILVA, Palhoça (Santa Catarina)

O astrofísico JOSÉ P. S. LEMOS, do Departamento de Astrofísica do Observatório Nacional, responde:

O PODER DOS BURACOS NEGROS

O superintenso campo gravitacional dos buracos negros é o protagonista das duas perguntas do leitor. É este campo gravitacional, que pode curvar o espaço e o tempo num funil, gerando um buraco negro quando uma estrela sofre colapso catastrófico. A teoria da relatividade geral de Einstein explica esse fenômeno. A resposta envolve o entendimento do que é esse campo e de sua influência na propagação de raio de luz e no movimento dos corpos vizinhos ao buraco negro. Apesar de terem como base comum o campo externo de um buraco negro, as perguntas são obviamente distintas e exigem um tratamento individual.

Inicialmente, vamos definir os termos. Para isso, vamos supor que estamos na superfície de uma estrela fria. De acordo com a lei de Newton, a força exercida pela estrela sobre nós é proporcional ao produto da sua massa pela massa do nosso corpo, e inversamente proporcional ao quadrado do seu raio. Pela teoria de Einstein, essa força é um pouco maior do que a obtida pela fórmula de Newton. Não importa, nesta etapa, saber o quanto ela é maior. Mas podemos supor que, através de compressão, o raio da estrela vai diminuindo. Neste processo, sua massa total é conservada. A gravidade em sua superfície vai aumentar, já que o raio está diminuindo.

Pela teoria de Newton, uma contração por um fator dois aumenta a força por um fator quatro. A teoria de Einstein considera que a força aumenta um pouco mais depressa e assim, quanto menor for o raio da estrela, maior será a diferença entre os va-

lores da força dados pelas teorias de Einstein e Newton. Segundo Newton, a força na superfície da estrela vai para infinito quando o seu raio tende para zero. Segundo Einstein, o resultado é outro: a força na superfície vai para infinito quando o raio atinge o chamado ‘raio gravitacional’ ou ‘raio de Schwarzschild’. Vamos mostrar o que é esse raio.

Se chamarmos a massa da estrela de M , a expressão do raio gravitacional é $r = \frac{2GM}{c^2}$, onde G é a constante de gravitação universal e c é a velocidade da luz. O raio gravitacional é muito pequeno, mesmo para massas muito grandes. Para o Sol, o raio gravitacional é de 3 km; para a Terra é somente de 1 cm.

Vejamos agora como se comportam os raios de luz no campo gravitacional de um buraco negro. A propagação da luz na vizinhança do raio gravitacional é alterada de duas maneiras: por um lado, o campo gravitacional encurta a trajetória de raios de luz que não se propaguem radialmente; assim, quanto mais perto do buraco negro, mais a trajetória da luz será encurvada. Por outro lado, a frequência das ondas de luz é alterada, e quanto mais perto do buraco negro estiver o raio de luz, maior será o aumento da frequência de oscilação da própria luz. Quando a onda se afasta do buraco negro, a frequência da luz diminui. Tais mudanças de frequência só serão notadas nas vizinhanças do raio gravitacional. Para raios de luz que se propaguem longe do buraco negro, não existe praticamente alteração na frequência de oscilação.

E quanto à velocidade? Será que a luz, ao ser atraída pelo buraco negro, não é acelerada, atingindo velocidades cada vez maiores? Não, a velocidade da luz não muda. Ela é uma constante da natureza. Qualquer medida da velocidade da luz efetuada perto do buraco negro mostrará que o seu valor é 300.000 km/s, o mesmo valor observado na Terra ou em qualquer outro lugar do universo.

A constância da velocidade da luz é um dos pilares da teoria da relatividade. Esta propriedade foi introduzida por Einstein em 1905, na elaboração da teoria da relatividade restrita, para explicar consistentemente a estrutura do campo eletromagnético. A teoria da relatividade geral reformula a relatividade restrita para aplicá-la a regiões onde existe gravitação. Mas mantém a velocidade da luz constante em todos os referenciais. A luz não pode ser acelerada nem desacelerada. Vejamos esse ponto com mais detalhe.

A relatividade geral é uma teoria da geometria quadridimensional do espaço-tempo. O principal ingrediente dessa teoria é a estrutura do cone de luz. Um ponto no espaço-tempo é um evento físico, sem extensão espacial nem temporal. Um evento quer dizer uma ocorrência pontual instantânea. O cone de luz de um evento descreve a história de um *flash* de luz que converge para atingir esse evento e depois se afasta dele (figura 1). A história do *flash* convergente é chamada de cone de luz passado e a história do *flash* divergente é chamada de cone de luz futuro. A coleção de todos os eventos forma o espaço-tempo.

A relatividade restrita é descrita por uma geometria em que todos os cones de luz estão uniformemente dispostos (figura 2). Na relatividade geral, o espaço-tempo pode possuir diferenças substanciais de tais arranjos uniformes. Em relatividade geral, os arranjos de cones de luz podem estar, por exemplo, inclinados (figura 3). Mas, se os cones de luz estão inclinados, a velocidade da luz em algumas direções pode ser maior

do que em outras? Isso entraria em contradição com a teoria da relatividade restrita, que afirma ser a velocidade da luz a mesma em todas as direções.

De fato, uma medida real, local, da velocidade da luz dará sempre o mesmo resultado. As peculiaridades que aparecem quando um cone de luz é inclinado são simplesmente consequência do modo de descrição. Se o cone de luz do evento A da fi-

gura 3 for endireitado, fica claro que nesse evento a luz também tem a mesma velocidade em todas as direções. Note-se, no entanto, que, se os cones de luz dos eventos B, C e D forem rodados no mesmo ângulo de A, eles continuarão inclinados. Quer dizer: uma rotação global não endireita todos os cones de luz. Para isso é necessário que, evento por evento, se gire o cone pelo ângulo certo. Esta operação simples mostra que, localmente, na vizinhança de um evento, a teoria da relatividade geral se reduz à teoria da relatividade restrita. Mas isso seria tema para outro artigo.

É pelo fato de que a velocidade da luz é uma constante da natureza que a teoria de Einstein, ao contrário da de Newton, prevê inequivocamente a existência de buracos negros. Na teoria de Newton, a velocidade da luz não tem papel preponderante. No entanto, a existência de objetos escuros, dentro de um contexto newtoniano, foi deduzida por John Michell, em 1784, e por Pierre Simon Laplace, em 1798.

O argumento usado por Laplace e Michell com base na teoria de Newton é fácil de ser compreendido. Sabemos que, se um

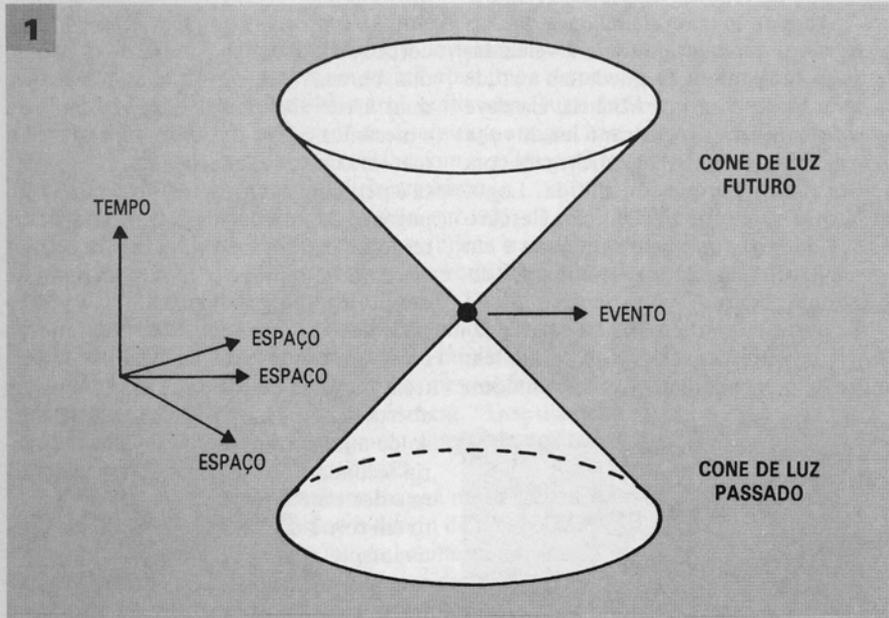
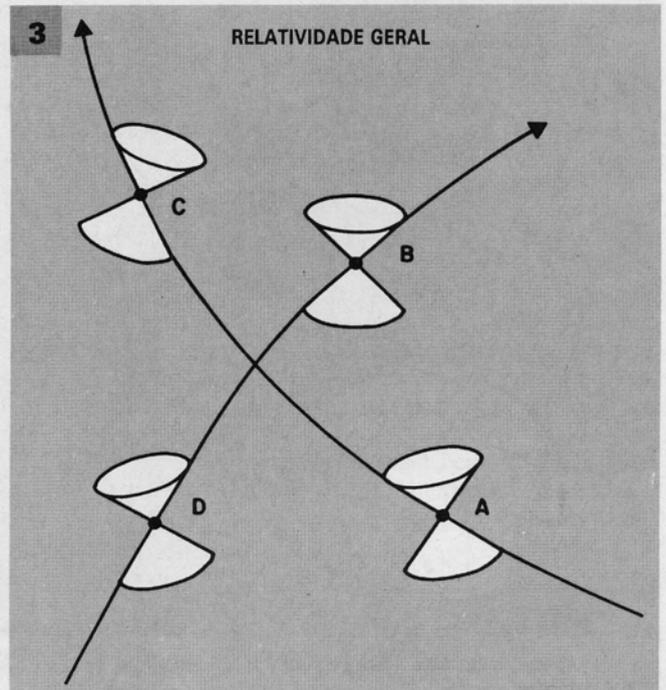
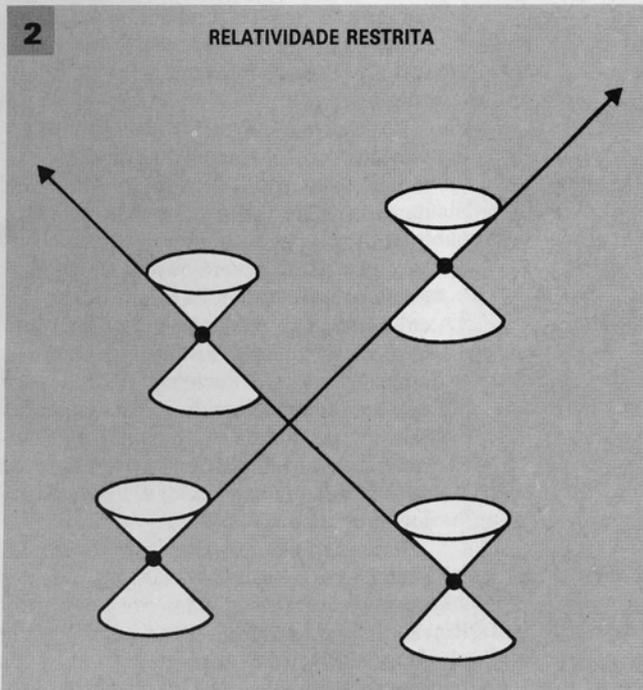


FIGURA 1. Cone de luz de um evento. Note que uma dimensão espacial foi suprimida no desenho do cone.

FIGURA 2. Arranjo uniforme de cones de luz em relatividade restrita.

FIGURA 3. Arranjo não uniforme de cones de luz em relatividade geral.



O LEITOR PERGUNTA

objeto for lançado da superfície da Terra com uma velocidade de 11 km/s, este objeto escapará para o espaço e não voltará à superfície terrestre (se não for considerado o atrito com a atmosfera). Esta velocidade é por isso chamada de 'velocidade de escape' e sua fórmula é dada pela equação, $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$, onde M é a massa do corpo do qual se quer escapar e R o seu raio (resultado que pode ser obtido a partir da conservação da energia). A condição para que a velocidade de escape seja igual ou exceda a velocidade da luz é que $\frac{2GM}{R}$ seja igual ou maior que c^2 , ou, em outros termos, $R \leq \frac{2GM}{c^2}$. É esta, precisamente, a equação do raio que chamamos anteriormente de raio gravitacional, ou de Schwarzschild, deduzido no contexto da teoria de Einstein.

Vemos que, neste caso particular, a teoria de Einstein e a de Newton fornecem resultados iguais. No entanto, o argumento newtoniano é falacioso. Qual deve ser a velocidade da luz na superfície do objeto es-

curo de Michell? Uma demonstração desenvolvida pelo físico e matemático inglês Roger Penrose mostra que essa velocidade é arbitrária.

Para compreender como Penrose chegou a esta conclusão, imagine que uma estrela distante emite luz na direção do objeto escuro de Michell. Segundo as leis de Newton, a luz nessa queda é acelerada. Suponha, agora, que, ao chegar a esse objeto escuro, a luz seja refletida por um espelho horizontal em repouso na superfície do objeto (figura 4). Pela reversibilidade das leis de Newton, qualquer que seja a velocidade que a luz ganhou na queda em virtude da atração do corpo de Michell, ela deve ser suficiente para ricochetear a luz de volta para a estrela distante, à qual chegará com a velocidade com que foi emitida. Logo, de fato, o objeto de Michell não é escuro e a luz que sua superfície emite não é em princípio diferente da luz refletida por esse mesmo objeto.

Por outro lado, na teoria da relatividade, como vimos, a velocidade da luz tem um papel preponderante. Com a vantagem

de já sabermos de antemão o resultado e com alguma boa vontade, poderíamos inferir que a existência de um único buraco negro no universo implicaria que um raio de luz, caminhando na direção desse buraco negro, não poderia ser acelerado. E além disso deduzir que a velocidade da luz é uma constante universal.

A segunda pergunta aborda dois fatos distintos. Primeiro, o leitor faz uma imagem de um universo se expandindo (e posteriormente se contraindo) num espaço tridimensional. Depois, o leitor quer saber como os corpos se movem no campo gravitacional dos buracos negros. A questão envolve duas áreas distintas, a saber, cosmologia e mecânica celeste dos buracos negros. Começemos pelo segundo ponto. Na resposta à pergunta anterior, referimo-nos à propagação da luz no campo gravitacional externo de um buraco negro. Agora, vamos ver como os corpos se movimentam neste mesmo campo gravitacional.

De acordo com a teoria de Newton, um corpo no campo gravitacional de uma estrela move-se ao longo de uma trajetória aberta (hipérbole e parábola), como é o caso de alguns cometas, ou de uma trajetória fechada (elipse), como é o caso da Terra e dos outros planetas em seu movimento em torno do Sol. A uma distância relativamente grande de um buraco negro, o campo gravitacional deste é relativamente fraco e os fenômenos são descritos com grande precisão pelas leis de Newton. No entanto, à medida que se encurta a distância entre o corpo e o buraco negro, essas leis deixam de dar resultados precisos e torna-se necessário usar a teoria da relatividade geral.

Por exemplo, na teoria de Newton, o movimento circular é permitido a qualquer distância do centro de gravitação. Na teoria da relatividade geral, isso não é assim: quanto mais perto o corpo estiver do buraco negro, maior terá que ser a velocidade na órbita circular. Esta velocidade circular atinge a velocidade da luz quando o corpo estiver a uma distância de uma vez e meia o raio gravitacional. Isto significa que movimento circular numa órbita com raio menor que 1,5 vez o raio gravitacional é impossível, porque o corpo teria de se mover com uma velocidade acima da velocidade da luz.

Esse exemplo mostra que, perto do buraco negro, a mecânica celeste não é mais uma mecânica newtoniana e os fenômenos relativísticos têm que ser levados em conta. A distâncias relativamente grandes, de cem vezes ou mais o raio do buraco negro,

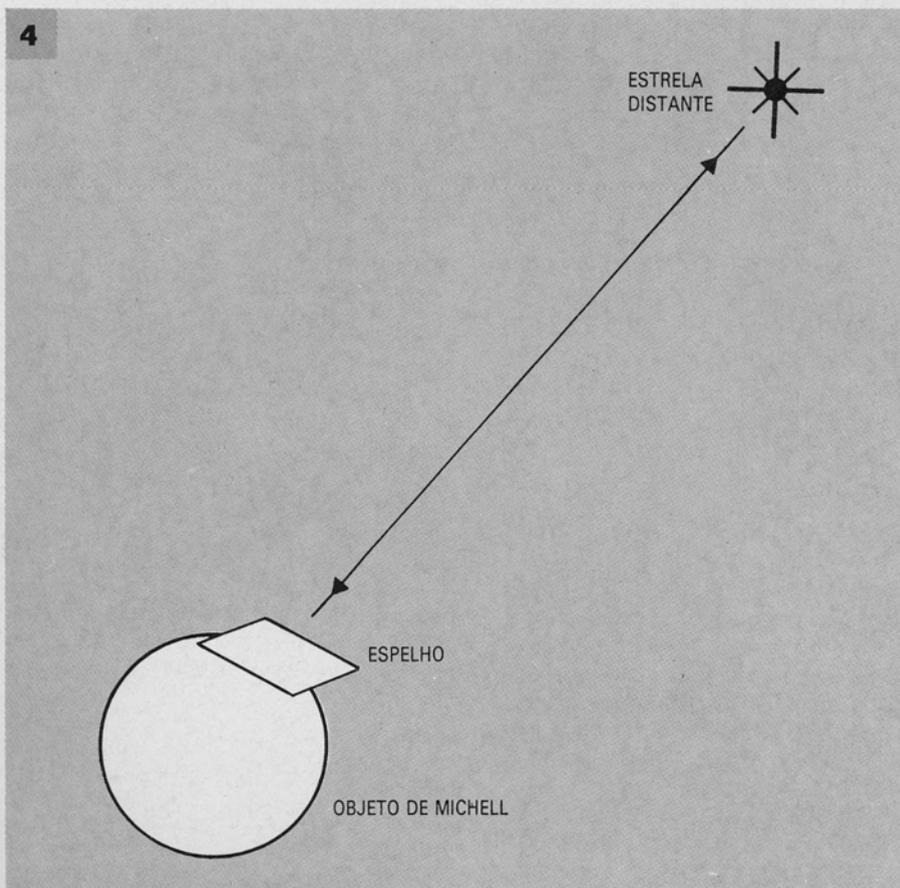


FIGURA 4. Um espelho hipotético reflete a luz vinda de uma estrela distante. Logo, não há razão para que o objeto de Michell seja escuro.

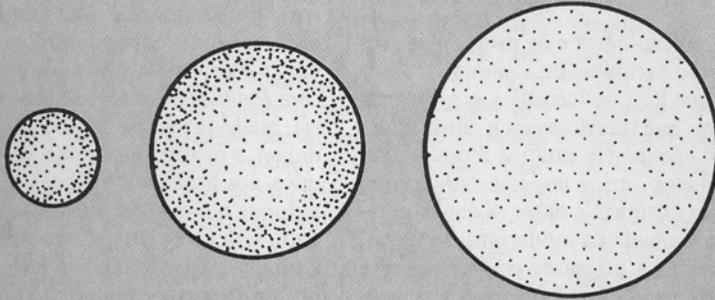


FIGURA 5. O universo em expansão é análogo a um balão sendo inflado. Os pontos representam galáxias. À medida que o balão incha, o espaço entre as galáxias estica e elas se afastam umas das outras.

a gravitação newtoniana é uma boa aproximação à teoria da relatividade geral, com um erro inferior a 2%.

Voltemos agora à cosmologia. Posso adiantar que a resposta à segunda pergunta está contida nessa área. O universo está em expansão e o modelo do Big Bang diz que essa expansão se originou numa grande explosão ocorrida há cerca de 15 bilhões de anos. Podemos ser induzidos a pensar nessa expansão como se fosse a explosão de uma massa concentrada de material, cujos fragmentos são projetados em todas as direções; no caso do universo, os fragmentos corresponderiam às galáxias. Esta imagem está errada.

Um tal quadro pressupõe que o universo cresce à medida que as galáxias vão se expandindo no vazio e que, com isso, a fronteira cósmica iria se alargando. Mas, de fato, não existe fronteira cósmica. O universo não é uma coleção de galáxias contidas no espaço. Podemos dizer que o próprio espaço é que está contido dentro do universo. Uma imagem mais precisa seria a de que o espaço entre as galáxias se expande.

Uma boa analogia para a expansão do universo é a de um balão sendo inflado (figura 5). Imagine pontos cobrindo a superfície de um balão. Esses pontos representam as galáxias. À medida que o balão se infla, a borracha estica e os pontos ficam cada vez mais longe dos seus vizinhos. Os pontos se separam porque a superfície do balão está em expansão. O nosso universo em expansão é a versão tridimensional do balão em expansão. É errado, portanto, pensar que as galáxias se expandem no espaço e que no início elas tinham um centro comum. Devemos, sim, pensar que é o espaço entre as galáxias que se expande, e por isso as galáxias se afastam umas das outras.

Agora, se o universo está se expandindo, então no passado o universo estava mais encolhido. Extrapolando para trás, deduzimos que há 15 bilhões de anos o material estava tão comprimido que várias grandezas físicas — como a densidade do universo — seriam infinitas. Isso leva à teoria do Big Bang sobre a origem do universo, à qual já nos referimos. Mantendo a analogia do balão, vemos que, quando o raio do balão é zero, sua superfície esférica também é zero: o balão se reduz a um ponto. No entanto, um ponto não tem dimensão, um ponto não define geometria.

Neste instante inicial, o universo ainda não tinha sido criado. Somente no instante imediatamente posterior, quando a superfície do balão já pode ser definida, é que podemos falar na criação do universo, na criação do espaço-tempo. Diz-se que, no instante de tempo inicial, quando $t = 0$, existia uma singularidade no espaço-tempo, porque nesse instante não é possível fazer nem física nem geometria. Mas talvez estejamos indo longe demais, fugindo da pergunta do leitor.

Podemos, agora, perguntar: visto que o universo está em expansão, será que ele vai se expandir para sempre ou num futuro, embora longínquo, ele sofrerá um colapso?

Em cosmologia existem dois parâmetros fundamentais a serem determinados pela observação: a constante de Hubble (H_0) e o parâmetro de desaceleração (q_0). Estes dois parâmetros, mais a constante de gravitação universal G , combinam-se para formar um novo parâmetro chamado 'densidade crítica' ($P_c = \frac{3 q_0 H_0^2}{4\pi G} \approx 1,1 \times 10^{-29} \frac{g}{cm^3}$). Se a densidade do universo for menor que P_c , então o universo se expandirá para sempre. Se a densidade do universo for maior que P_c , então o universo se expande numa fase inicial e mais tarde sofre colapso.

Podemos agora responder ao leitor: se o universo vai continuar em expansão para sempre ou vai entrar em colapso num futuro longínquo, só depende da densidade dele. Tanto faz que seu material seja constituído de radiação, planetas, estrelas, buracos negros, ou assuma qualquer outra forma. O que determina se ele vai se contrair é a densidade da matéria, não como ela é composta. Como a densidade atual do universo é um parâmetro mal determinado pela observação, não podemos ainda dizer qual será o futuro dessa expansão.

Podemos, no entanto, refazer a pergunta do leitor e juntar mecânica celeste dos buracos negros com cosmologia. Vamos supor que, num futuro longínquo, o universo comece a entrar em colapso. Vamos supor também que, por essa época, as galáxias deram origem a buracos negros gigantes, com massas da ordem de $10^{10} M_\odot$ (escreve-se M_\odot para a massa do Sol, $1 M_\odot = 2 \times 10^{33}$ gramas). Este cenário é um cenário possível. Podemos, então, perguntar: os efeitos relativísticos da mecânica celeste dos buracos negros começam a ser importantes quanto tempo antes da singularidade final? Um cálculo simples mostra que, para um tempo $t \approx 1$ ano antes da singularidade final, os buracos negros existentes começam a colapsar uns nos outros (figura 6) e a formar buracos negros ainda maiores, em virtude dos efeitos relativísticos mencionados.

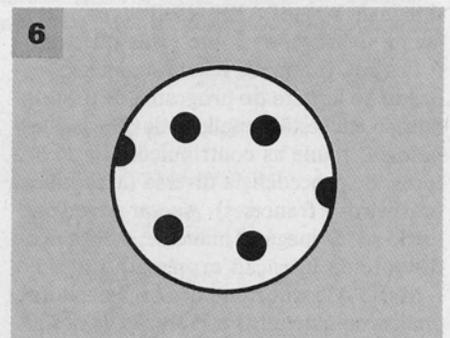


FIGURA 6. Mantendo a analogia da figura 5, aqui os círculos pretos representam buracos negros. Esses buracos negros estão crescendo em tamanho e eventualmente podem formar um buraco negro ultragigante.

Podem mesmo acontecer que, logo antes da singularidade final, se forme um buraco negro ultragigante e que o universo desapareça dentro dele. Aqui, talvez, a melhor imagem seja o desaparecimento de um mágico elefante acrobático saltando para dentro do seu próprio ânus. Mas as probabilidades de que isso aconteça são muito remotas.

C&T: RUMOS E PERCALÇOS



CIENCIA Y TECNOLOGÍA: ESTRATEGIAS Y POLÍTICAS DE LARGO PLAZO, organizado por Mario Albornoz e Pablo Kreimer. Eudeba, Buenos Aires, 1990, 276 pp.

Estudar as perspectivas de longo prazo de uma região em crise é tarefa árdua. Estudar o sistema de ciência e tecnologia (c&t) quando o salário dos pesquisadores mergulha abaixo do nível de sobrevivência é um exercício delicado. Abordar o desafio tecnológico quando os investimentos no setor produtivo estão estagnados pode ser um esforço inútil. Apesar dessas evidências, o Centro de Estudos Avançados da Universidade de Buenos Aires resolveu oportunamente debruçar-se sobre essas questões.

A obra, originada de um seminário realizado no âmbito do programa de pós-graduação em gestão e política de ciência e tecnologia, reúne as contribuições de 15 autores, de procedência diversa (argentinos, brasileiros e franceses). Apesar de seu conteúdo ser de inegável interesse, a obra ficou distante da intenção expressa no título.

Mario Albornoz, um dos organizadores, analisa com detalhes a evolução da pesquisa científica na Argentina, lembrando a contribuição histórica de Bernardo Houssay. Carlos Mallman atém-se ao estudo do tempo para esboçar ciclos inspirados nas polêmicas teses de N. D. Kondratieff. Amílcar O. Herrera descreve os resultados do Projeto Prospectiva Tecnológica para a América Latina. Propõe a constituição de um espaço tecnológico em que novas tecnologias permitam traçar ambiciosos objetivos socioeconômicos até agora inalcançáveis. Rémy Barré destaca a importância dos indicadores no domínio das pesquisas básicas, pública e industrial, bem como da

inovação tecnológica e de programas mobilizadores nacionais ou regionais.

Henrique Rattner identifica as principais tendências que transformam a estrutura do contexto econômico-político mundial, sublinhando os vários impasses resultantes dessa transformação, entre as quais destaca a encruzilhada da modernização tecnológica *versus* a oferta de emprego. Jorge Katz convoca os cientistas sociais a apreenderem a nova relação capital-tecnologia-trabalho, para que uma nova política macroeconômica possa ser delineada. As demais contribuições, no campo das políticas econômica e tecnológica, estimulam a reflexão sobre diretrizes para uma estratégia de inovação.

Em meio a essas análises, coube a Héctor Ciapuscio — então secretário de Política e Planejamento da Secretaria de Ciência e Tecnologia do governo argentino — o mérito de apontar para o calcanhar-de-aquiles do sistema argentino de inovação, alertando para os baixos salários oferecidos e para a redução do número de pesquisadores dedicados ao sistema de c&t. Denuncia que na Argentina democrática “a emigração voltou a ser uma tentação para os jovens pesquisadores mais bem dotados, os mais difíceis de serem substituídos”. Segue observando que os dirigentes da sociedade argentina — e não se refere àqueles ligados a setores do governo — carecem, em geral, de conscientização quanto à importância dos recursos humanos com qualificação científica. Conclui sua reflexão exigindo a distinção entre os direitos defendidos por sentimentos corporativistas e uma política meritocrática que permita reter no país os jovens qualificados.

Embora a falta de conclusões e recomendações frustre o leitor, a coletânea é um referencial de importantes estudos em curso nos países de origem dos autores. Quanto à emigração de jovens talentosos, é um mal que aflige a maioria das nações latino-americanas, ameaçando as perspectivas da c&t na região. Esse mal, sublinhado por Ciapuscio, exige a atenção dos responsáveis por todos os setores, em especial o de c&t. Se os jovens talentosos e preparados não puderem ser retidos, estratégias e políticas de longo prazo serão inúteis.

JACQUES MARCOVITCH
INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS,
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Polímeros

Em livro anterior (*Introdução a polímeros*), Eloísa Biasotto Mano quis alcançar os interessados em química, tanto no meio universitário como na indústria. Agora, com *Polímeros como materiais de engenharia*, ela se preocupa em fornecer aos estudantes e profissionais uma visão panorâmica dos principais polímeros, na qual o enfoque químico é reduzido ao mínimo. A autora, doutora em química pela Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, expõe com rigor didático o tema em questão, analisando primeiro as propriedades que caracterizam os diversos materiais usados em engenharia, em seguida os materiais clássicos e os materiais poliméricos (sobre os quais apresenta extensa bibliografia). O livro é complementado por um capítulo sobre interconversão de unidades de medida, um índice remissivo e um glossário de siglas, abreviações e símbolos.

Doenças moleculares

De Isaías Raw, diretor do Centro de Biotecnologia do Instituto Butantã (SP) e Lélia Mennucci, professora do Instituto de Química da USP, a Livraria Atheneu Editora, em associação com a editora da USP, acaba de lançar *Anemias e outras doenças moleculares*, primeiro volume da série ‘Bases Moleculares da Medicina’. Com esta série, cujos próximos volumes serão elaborados também por especialistas, o professor Raw espera colocar ao alcance de docentes e estudantes textos integrados de medicina, que permitam inovar o currículo universitário.

Neste primeiro volume, os autores examinam várias síndromes de origem molecular, como a anemia falciforme, as anemias por defeito da membrana da hemácia e por deficiências enzimáticas, a metemoglobinemia, enquanto explicam as funções das moléculas, a relação entre molécula e genética, o processo de informação genética, etc., de forma progressivamente abrangente.

Em 1963, o professor Raw lançou um projeto pioneiro, para criação na USP de um Curso Experimental de Medicina, que se propunha a integrar as ciências biomédicas básicas com a clínica e a medicina social. Apesar do sucesso, o projeto não sobreviveu, embora iniciativas semelhantes tenham surgido no Canadá, Holanda e Israel. Uma das dificuldades encontradas foi a falta de textos integrados como estes a que se propõe a nova série.

*Se você colaborar
elas vão continuar
sempre vivas.*

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

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



**FUNDAÇÃO
BIODIVERSITAS**

RUA BUENO BRANDÃO 372 - SANTA TERESA - FONE (031) 226-5985
FAX (031) 273-6234 - BELO HORIZONTE - MG



TIMOTHY M. MULHOLLAND Instituto de Psicologia, Universidade de Brasília

Em 12 de dezembro de 1990, o presidente da República sancionou a lei que estabelece o regime jurídico único (RJU) para os servidores civis da União, permitindo a reparação de injustiças e distorções acumuladas ao longo de décadas no serviço público federal. Negociada na Comissão do Trabalho e Serviço Público da Câmara dos Deputados entre parlamentares, entidades sindicais e a Secretaria de Administração da Presidência, durante o 'recesso branco' das eleições, a quarta versão do texto foi concluída a 13 de novembro e aprovada no dia seguinte na Câmara (por voto de lideranças) e no Senado (pelo plenário), sem novas emendas. Pelo acordo entre o Executivo e o Legislativo, não havendo emendas ao texto, não haveria veto.

Durante as negociações foi suprimido um parágrafo, presente nas versões anteriormente aprovadas na Câmara e no Senado, que facultava a contratação de especialistas estrangeiros por universidades e instituições de pesquisa mantidas pela União. A supressão foi exigida pelos representantes do Executivo, com o argumento de que o parágrafo, por ser inconstitucional, se-

ria vetado pelo presidente. O relator da comissão, deputado Geraldo Campos (PSDB-DF), prontamente concordou.

A questão dos cientistas estrangeiros no serviço público vinha sendo amplamente debatida desde a homologação da Constituição em 1988 por causa dos termos do artigo 37, que reserva a brasileiros o acesso a cargos e funções públicas. Juristas, parlamentares, cientistas, articulistas, entidades e reitores (como os das universidades de São Paulo, Campinas e Brasília), defenderam com veemência a necessidade e a constitucionalidade de manter uma porta aberta para a contratação de cientistas estrangeiros. Não houve qualquer manifestação em contrário, seja jurídica ou política.

O parágrafo que abria essa porta, no projeto de lei do RJU, fora incluído pela própria Comissão de Justiça e Constituição da Câmara, por proposta do deputado Sigmaringa Seixas (também PSDB-DF), e versões do texto com a emenda foram aprovadas em ambas as casas do Congresso, sem uma voz discordante. Assim, o Congresso optou claramente por uma interpretação restritiva do artigo 37 da Constituição, como

acontecia com disposições similares das constituições anteriores: a brasileiros reserva-se o exercício das funções do Estado como Poder Público, ou seja, aquelas que são privativas do Estado e das quais depende a soberania e a segurança do país. Atividades como as de pesquisador ou professor universitário nunca foram tratadas dessa maneira.

O próprio Executivo havia concordado com essa posição. Em janeiro de 1990, após consulta do antigo Ministério da Ciência e Tecnologia, o então ministro da Justiça, Saulo Ramos, aprovou uma interpretação 'teleológica e restritiva' do artigo 37, pois a interpretação literal conflitaria com o direito fundamental de igualdade assegurado aos estrangeiros residentes no país pelo artigo 5º e seria nociva aos interesses nacionais'. Saulo Ramos concluiu que a contratação de estrangeiros especializados para universidades e entidades públicas de pesquisa não é vedada pela Constituição. O atual governo participou da discussão dos projetos que continham a emenda do deputado Sigmaringa Seixas também sem tomar posição contrária.

Caderneta da Caixa

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL

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

UMA ROTA PARA AS SUPERPLANTAS

Dentre as muitas aplicações potenciais da engenharia genética, uma das mais auspiciosas é a transferência de genes de organismos diferentes, feita de modo eficiente e controlado, com vistas ao aprimoramento de plantas agriculturáveis. As novas estratégias para transferência de genes conferem às plantas, por exemplo, resistência a herbicidas, ao ataque de insetos, fungos, vírus, secas prolongadas, isto sem falar no melhoramento de óleos e proteínas vegetais. Os genes responsáveis por esses atributos têm sido introduzidos em várias e importantes espécies de cultivo.

Espera-se que entre 1993 e 2000 muitas plantas transformadas por engenharia genética entrem para o mercado de consumo de alimentos. Entre elas estão a soja, o algodão, o arroz, o milho, o girassol, a beterraba, o tomate e a alfafa. Testes de campo feitos com tomate e tabaco, transformados por inserção de genes que lhes conferem resistência ao ataque de insetos, tiveram grande êxito, não se evidenciando qualquer dano agrônômico, sob condições que levariam à total destruição das plantas-controle. Só nos Estados Unidos mais de dez testes de campo foram realizados em 1989. Não há impedimentos de ordem técnica para que várias dessas plantas transgênicas alcancem o mercado consumidor. Falta apenas a regulamentação desses novos produtos, de acordo com a legislação de cada país em que forem comercializados.

ALTERANDO CÉLULAS

Existem duas categorias de moléculas de ADN infecciosas: os vírus e os plasmídeos. Esses dois tipos de ADNs, bastante pequenos, uma vez no interior de uma célula viva, podem utilizar a maquinaria molecular da célula hospedeira para auto-replicação. Entre outras coisas, eles necessitam da enzima ARN-polimerase, para transcrever seu ADN em ARNs mensageiros, e do sistema ribossômico para traduzir a mensagem em proteína.

É possível 'cortar' moléculas de ADN plasmidial em locais específicos, tornando-os lineares, por meio do uso de enzimas denominadas 'endonucleases de restrição', inserir um fragmento de ADN proveniente de outra fonte qualquer (bactérias, plantas ou animais) e ainda manter todas as outras informações necessárias à sua capacidade infectante. Plasmídeos ou fagos, portanto,

são úteis como vetores de transferência de genes de um tipo de célula para outra.

Métodos de seleção e clonagem tornaram possível o isolamento de um segmento de ADN, contendo uns poucos milhares de pares de bases, dentre milhões de outros fragmentos. Para isso, os fragmentos obtidos pela digestão do ADN com enzima de restrição são ligados a plasmídeos, previamente abertos com a mesma enzima e utilizados para transformar bactérias. Cada bactéria terá um plasmídeo ligado a um único fragmento de ADN proveniente de célula doadora. Quando espalhados em placas contendo ágar e nutrientes, esses organismos multiplicam-se milhões de vezes, dando origem a colônias individuais. Dessa forma, são obtidas bilhões de cópias do vetor de clonagem (plasmídeo) e de um pedaço do ADN inicialmente fragmentado. O conjunto de colônias bacterianas encerra todos os segmentos do ADN da célula doadora, constituindo-se uma coleção genômica (figura 1).

Esse método torna possível localizar e posteriormente isolar qualquer gene, desde que se disponha de um pedaço do gene radiativo, que tenha complementaridade de pareamento de bases com o gene desejado. Em geral, essa sonda é preparada a partir de ARN mensageiro transcrito do próprio gene que se deseja clonar e é denominada c-ADN.

A sonda, marcada com radioisótopo ^{32}P (fósforo 32), é hibridizada com os ADNs obtidos de uma réplica das colônias bacterianas em uma membrana de nitrocelulose. Os ADNs bacteriano e plasmidial, aderidos à membrana e contendo gene exógeno, são liberados das células através de lise alcalina, o que provoca a desnaturação do ADN, tornando-o acessível à hibridização. Um auto-radiograma permite localizar entre as colônias bacterianas, crescidas em ágar, aquela que contém o gene de interesse. O cultivo dessa colônia resulta na produção de grande quantidade do ADN plasmidial contendo o gene exógeno.

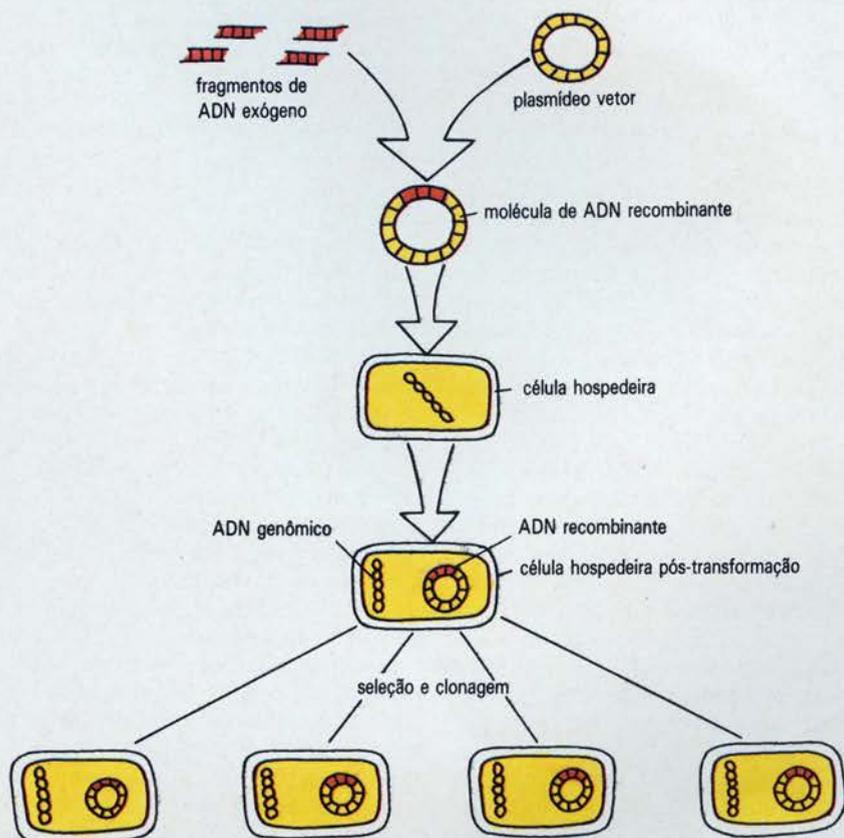


FIGURA 1. Construção e clonagem de ADN recombinante.

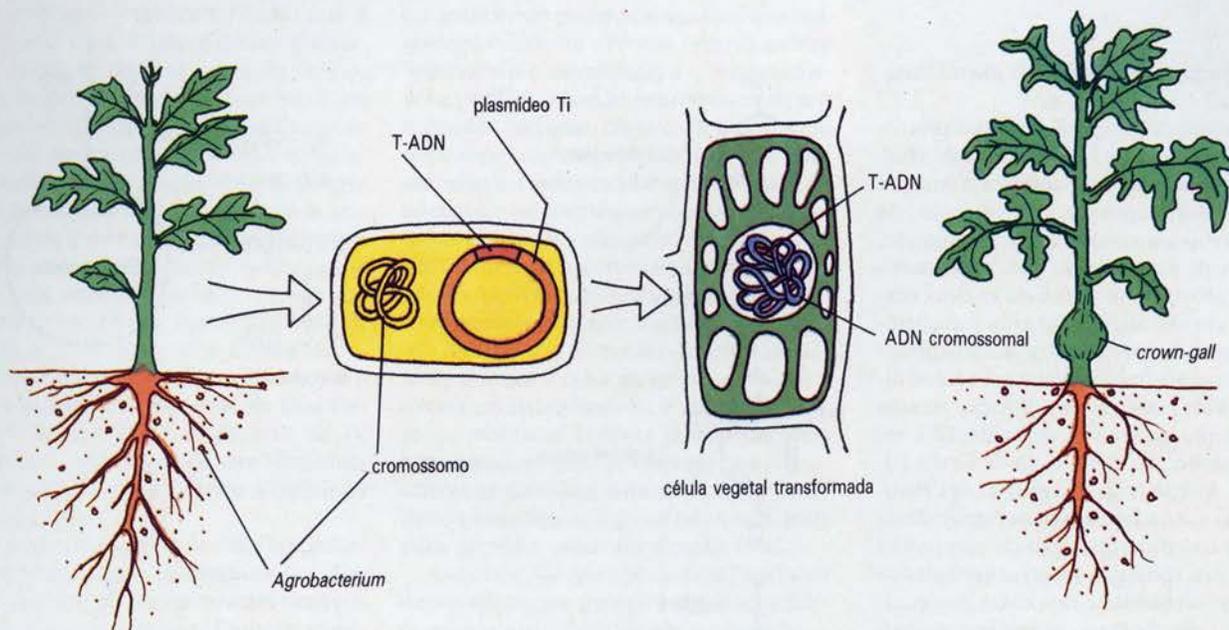


FIGURA 2. Tumoração iniciada com *Agrobacterium* contendo plasmídeo Ti.

A transferência desse gene para plasmídeos especiais permite estudá-lo em detalhes. É possível determinar, por exemplo, a ordem dos seus nucleotídeos, o que leva, automaticamente, à proteína por ele codificada. A bactéria hospedeira do gene exógeno, ligado a um plasmídeo de expressão (o que é capaz de ser transcrito pela ARN-polimerase da bactéria hospedeira), torna-se modificada pela aquisição de um novo fenótipo. Alterações como essas têm sido utilizadas para transformar bactérias, capacitando-as para a produção de muitos compostos importantes, como certos tipos de hormônios, por exemplo.

Entretanto, não é sempre que uma bactéria pode ser usada para a produção de certas proteínas, cujos genes codificantes são oriundos de células eucarióticas. As bactérias não têm as enzimas necessárias para a incorporação de grupos prostéticos (complementos moleculares indispensáveis à atividade de certas proteínas) ou mesmo para a remoção de polipeptídeos das proteínas recém-formadas, impedindo assim a atividade das mesmas. É por essa razão que muitos genes eucarióticos só podem ser corretamente expressos em células hospedeiras eucarióticas.

TRANSFERINDO GENES

Entre os processos mais utilizados para a transferência de genes exógenos para as plantas está o que envolve a bactéria de solo *Agrobacterium tumefaciens*. Esse microrganismo causa uma tumoração (*crown-gall*) em plantas dicotiledôneas, após infectar le-

sões superficiais acidentais ou deliberadamente provocadas (ver 'As galhas', em *Ciência Hoje* n° 19, p. 58). Esses tumores sintetizam opinas, um grupo de compostos com atividade hormonal, derivado de aminoácidos, que são metabolizados pela bactéria infectante. As informações para a síntese de opinas vêm do plasmídeo Ti (plasmídeo indutor de tumoração), que é natural da *Agrobacterium*. Uma pequena porção do plasmídeo Ti torna-se integrada ao genoma das células da planta infectada. Esse fragmento de ADN de 20 mil pares de bases é denominado de T-ADN (ADN transferido) e é o responsável pela produção das opinas, que dão origem aos tumores nas regiões infectadas (figura 2).

Derivações do plasmídeo Ti contêm uma origem que lhes permite replicar-se em *Agrobacterium* (*ori-Agro*) e uma outra origem de replicação funcional em *Escherichia coli* (*ori-E. coli*). Esse sistema permite a replicação e o teste do plasmídeo em *E. coli*, antes da sua transferência para *Agrobacterium*, e o seu subsequente uso na transformação de plantas. Também são introduzidos nesses plasmídeos dois genes que conferem resistência aos antibióticos tetraciclina e kanamicina. O primeiro permite a seleção em bactéria e o segundo se expressará também na planta transformada. Uma região para inserção de um ou mais genes, com vários sítios para endonucleases de restrição, também deve estar presente.

Adjacente a essa região insere-se um gene promotor que marcará o local de liga-

ção da ARN-polimerase para a transcrição de genes exógenos. Ao permitir a expressão dos genes na célula da planta, a terminação 5' do(s) gene(s) é ligada a um promotor (CaMV-35S, por exemplo) e a extremidade 3' a um sítio poli-A adicional. Todos esses genes devem estar localizados numa região específica do plasmídeo Ti, que corresponde a duas seqüências repetidas de 25 pares de nucleotídeos, conhecidas como borda esquerda e direita. Essas seqüências de nucleotídeos são importantes porque delimitam especificamente o T-ADN que será transferido e integrado no ADN genômico da planta hospedeira.

Para completar esse sistema há também necessidade da região 'vir' do plasmídeo Ti, região que codifica algumas proteínas que levam a *Agrobacterium* a ser atraída na direção das células da planta lesada. Essas células liberam então uma substância denominada acetossiringona. A região 'vir' é localizada num plasmídeo Ti auxiliar do qual foram removidos os genes da patogênicidade para não causar tumoração. Nesse sistema de vetores binários, a *Agrobacterium* contém as funções de virulência (capacidade de ser atraída pelas regiões lesadas da planta) no plasmídeo auxiliar, que interage com as seqüências de 25 pares de nucleotídeos do plasmídeo Ti modificado, contendo os genes exógenos. A mobilização da região compreendida entre ambas as bordas (T-ADN) permite sua transferência para o cromossomo da célula da planta. A característica fenotípica de resistência à kanamicina facilita a seleção das cé-

lulas durante a regeneração da planta transformada.

Em pesquisas recentes no Departamento de Bioquímica da Universidade de Washington, um gene que codifica a enzima catecol-1,2-dioxigenase, proveniente da bactéria *Pseudomonas putida*, foi clonado, seqüenciado e transferido para a planta *Nicotiana tabacum xanthi*. Essa enzima pertence à via metabólica do alfa e do beta-cetoadipato, responsáveis pela transformação de compostos fenólicos em ácidos dicarboxílicos passíveis de utilização através do conjunto de reações de oxidação e redução conhecido como ciclo de Krebs (figura 3). As bactérias dos grupos das *Pseudomonas* e *Alcaligenes* são as responsáveis pela natural decomposição de compostos aromáticos, aplicados em áreas agrícolas na forma de herbicidas e pesticidas ou decorrentes do metabolismo de matéria orgânica existente na superfície dos solos em geral.

A capacidade destoxicadora desses microrganismos tem um papel importante na recuperação de áreas permanentemente contaminadas pelo uso constante de agrotóxicos ou mesmo daquelas regiões litorâneas que sofreram contaminação com petróleo. Todavia, a capacidade de metabolização desses compostos fica restrita a uma camada de solo de 20-30 cm, tendo em vista a natureza aeróbica dessas bactérias. Por essa razão, elas têm sido consideradas como uma fonte de genes que pode ser utilizada para a construção de plantas transgênicas, possibilitando duplo papel para a preservação da natureza. Em primeiro lugar, porque descontaminam as áreas onde hidrocarbonetos aromáticos halogenados são aplicados como herbicidas. E, em segundo lugar, porque se pode evitar a transferência desses resíduos tóxicos para os animais e os seres humanos, já que as raízes das plantas alcançariam profundidades superiores a 30 cm e aerobicamente metabolizariam essa classe de compostos.

TRANSFORMANDO PLANTAS

O primeiro passo desse processo consistiu na clonagem e seqüenciamento dos genes que codificam algumas enzimas da via do alfa e beta-cetoadipato em *Alcaligenes eutrophus* e *Pseudomonas putida*. Após checagem da expressão gênica, esses genes foram transferidos para a planta *N. xanthi*, através do sistema de vetores binários, que usa a *Agrobacterium* como hospedeira intermediária, pelo procedimento esquematizado nas figuras 4 e 5.

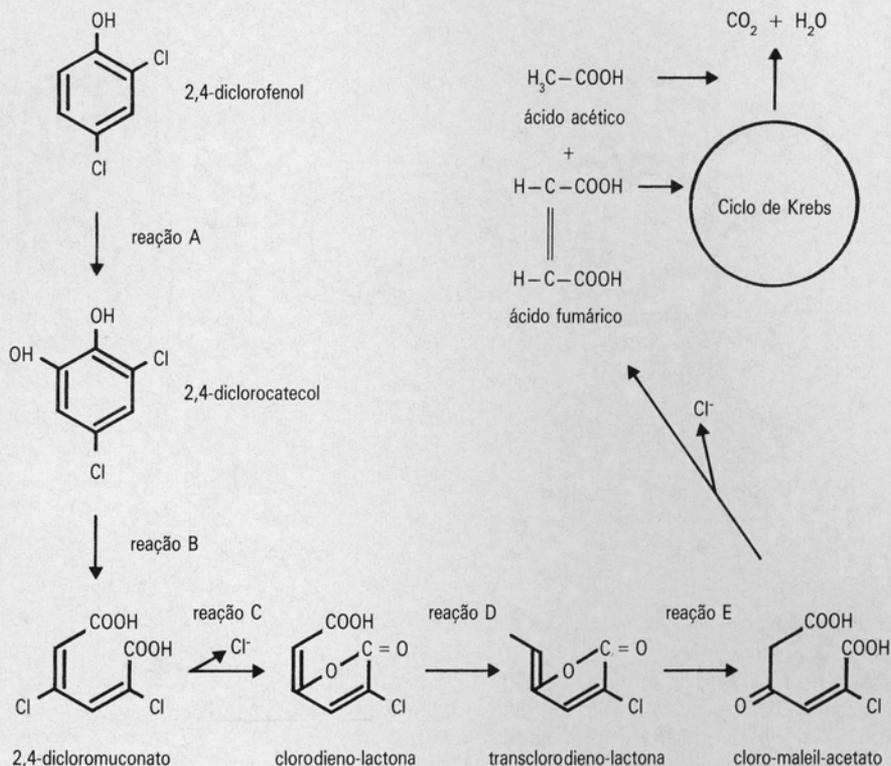


FIGURA 3. Via do cetoadipato: o composto 2,4-diclorofenol é convertido nos ácidos fumárico, acético e íons-cloreto. As enzimas (A), (B), (C), (D) e (E) são, respectivamente, 2,4-diclorofenol-hidroxilase, catecol-1,2-dioxigenase, cloromuconato-cicloisomerase, dienolactona-hidrolase e transclordieno-lacto-isomerase.

Na figura 4, está a representação esquemática dos passos necessários para transformar plantas com genes exógenos, usando *Agrobacterium*. A *Agrobacterium* é apenas uma hospedeira intermediária para a transferência de genes oriundos de outros organismos. Neste caso, é utilizada somente uma característica natural dessa bactéria de solo, que teve seu plasmídeo Ti modificado por meio de deleção de parte do seu ADN (T-ADN), tornando-se incapaz de causar tumoração na planta receptora. Em lugar do T-ADN, causador da tumoração, a planta recebe e incorpora nos seus cromossomos os genes que foram inseridos no local de onde se removeu o T-ADN. Por esse mecanismo as plantas podem adquirir novas características, como resistência a antibióticos, a herbicidas, insetos etc. Também podem ser introduzidos genes que as dotam de capacidade de produzir compostos de interesse medicinal e nutricional, tais como hormônios, fármacos, proteínas e óleos especiais. As células vegetais que incorporam o gene de interesse multiplicam-se em meio seletivo, regenerando uma planta completa. Numa segunda etapa, as sementes dessas plantas são resseleccionadas,

através da germinação em meios seletivos especiais, dando origem a plantas transgênicas com novas características fenotípicas.

Na figura 5, encontra-se a representação esquemática da localização do fragmento de ADN inserido no vetor binário pGA-643, que possui o promotor CaMV (*cauliflower mosaic virus*) e o marcador genético de resistência à kanamicina. Esse esquema apresenta a construção de genes quiméricos, isto é, organização de dois ou mais genes sucessivos, que são transferidos simultaneamente para a planta hospedeira. O primeiro deles serve como marcador genético (de resistência a um antibiótico) e é muito útil para evidenciar a inserção do gene adjacente (IG), que, em geral, é o que dotará a planta da característica fenotípica desejada. Outros detalhes, como sinais de iniciação, terminação e a presença de um gene promotor especial do tipo CaMV, são importantes na obtenção da expressão do gene inserido, que após regeneração da planta deverá codificar uma proteína (enzima), capaz de produzir substâncias, ou eliminar as indesejáveis, tais como poluentes ambientais.

As plantas transformadas por esse processo apresentam evidências de que a in-

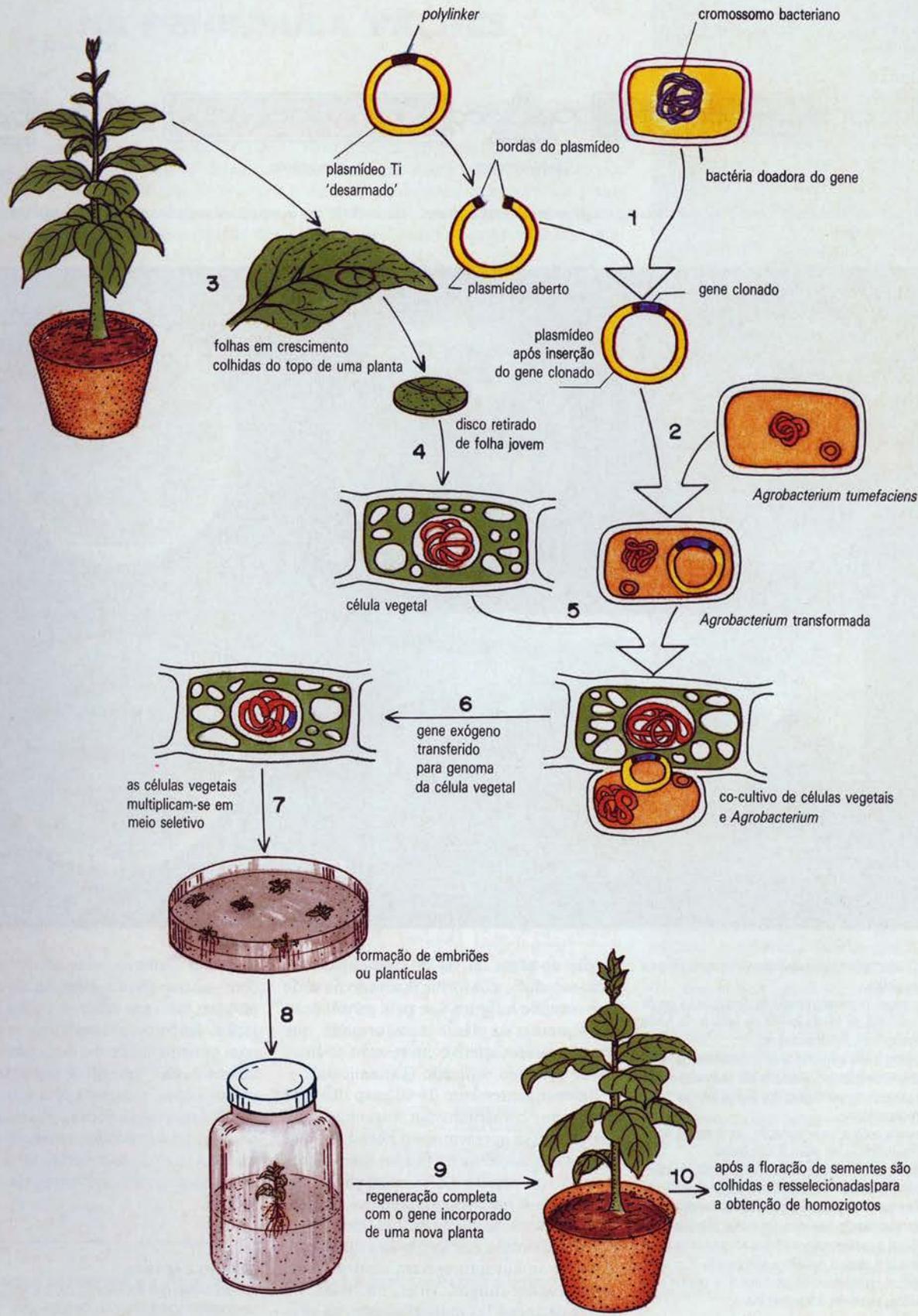


FIGURA 4. Representação esquemática da transformação de plantas com genes exógenos usando *Agrobacterium*.

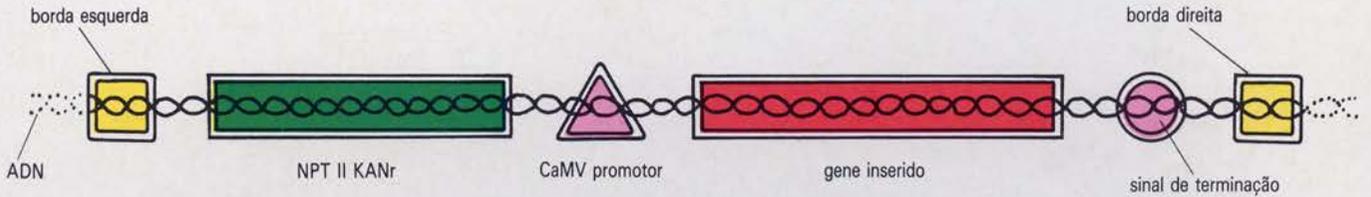


FIGURA 5. Representação esquemática da construção de estruturas de genes quiméricos, ou seja, organização de dois ou mais genes sucessivos que são transferidos simultaneamente para a planta hospedeira.

FOTO CEDIDA PELO AUTOR

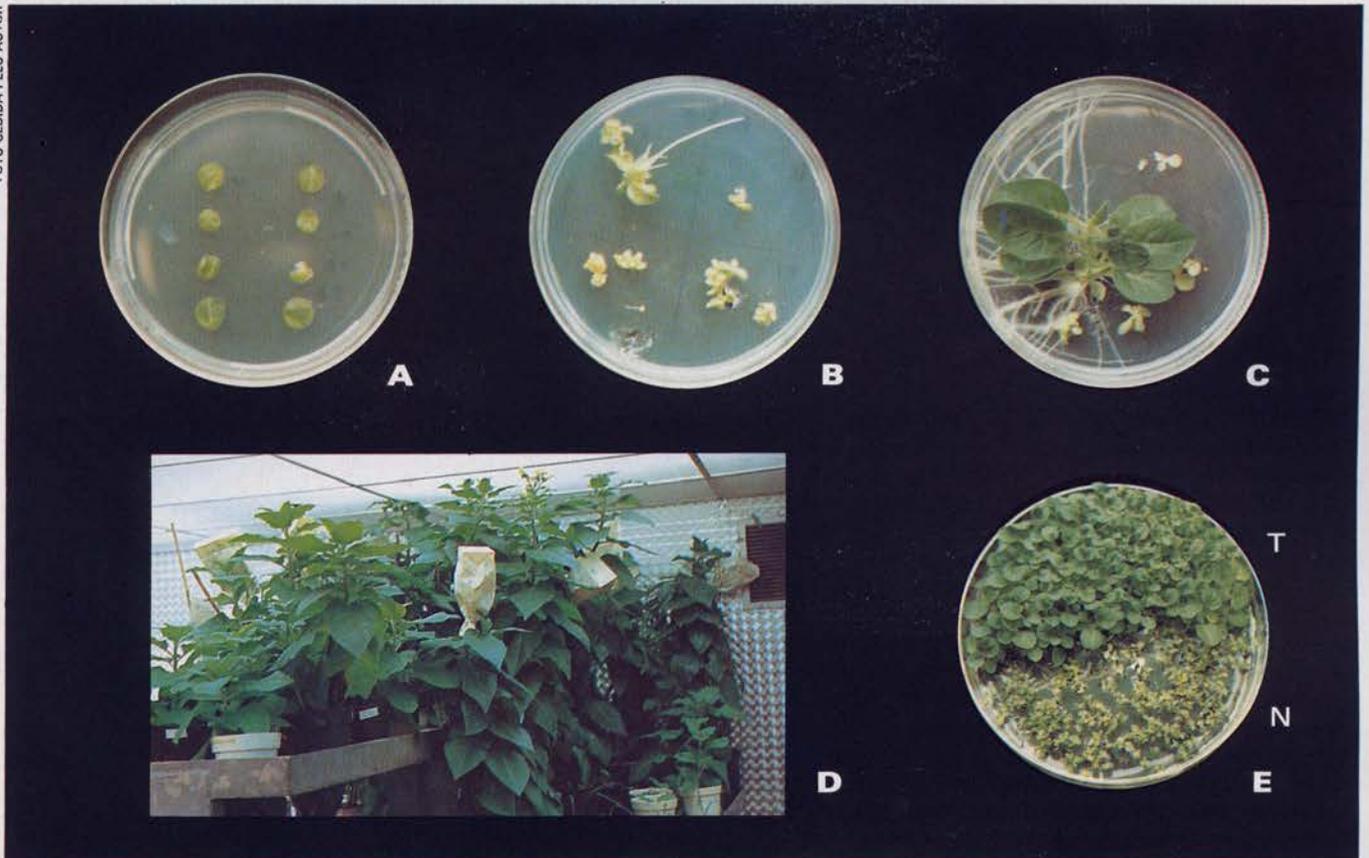


FIGURA 6. Diferentes estágios do desenvolvimento de uma planta transgênica.

A Estágio inicial da transformação de discos de 0,5 cm de diâmetro retirados de folhas jovens de tabaco, 24 horas após o contato com *Agrobacterium*.

B Entre quatro e seis semanas após a transformação com *Agrobacterium*, pequenas folhas e raízes se desenvolvem a partir de calosidades periféricas dos discos foliares de tabaco em meio seletivo.

C Dois meses após a transformação, os discos já apresentam características de plantas completas.

D Entre seis e oito meses após a transformação, as plantas de tabaco já estão completamente regeneradas.

E Diferença entre as plantas a partir de sementes colhidas para caracterização genética em meios seletivos, onde a resistência à presença do antibiótico kanamicina (marcador genético) é testada durante a germinação. T = plantas transgênicas resistentes à kanamicina; N = plantas não transformadas, sensíveis à kanamicina.

serção de genes da via do cetoadipato foi bem-sucedida, conforme ilustrado na série que compõe a figura 6, e pela germinação das sementes da planta transformada, que mostra caráter seletivo em relação ao marcador genético utilizado (kanamicina).

Independentemente do sucesso que esse protótipo, construído por engenharia genética, possa apresentar do ponto de vista da metabolização de herbicidas e outros poluentes, os resultados já alcançados demonstram a potencialidade desse modelo para a transferência de outros tipos de genes capazes de dotar as plantas da capacidade de se autoprotgerem contra secas, frio, insetos, fungos, vírus, bactérias, ou ainda de torná-las mais eficientes na produção de proteínas, óleos, vitaminas etc.

Outros sistemas vêm sendo utilizados com sucesso para a inserção de genes em plantas, tais como eletroporação, microinjeção, fusão de protoplastos, tratamento com polietilenoglicol e microprojéteis metálicos de alta velocidade (*particle gun*). O uso de novos processos para a transferência de genes visa a abranger certos tipos de plantas, principalmente monocotiledôneas, que têm se mostrado refratárias à recepção de genes exógenos mediada pela *Agrobacterium*.

ODÉCIO CÁCERES

DEPARTAMENTO DE GENÉTICA E EVOLUÇÃO,
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

MUTAGÊNESE AMBIENTAL



O I Simpósio Latino-Americano de Mutagenese Ambiental, realizado em Caxambu (MG) de 26 a 29 de maio, reuniu cerca de 150 pesquisadores que apresentaram trabalhos sobre alterações do material hereditário das células — comumente associadas à etiologia do câncer e de malformações —, suas causas e os possíveis mecanismos de reparo. A Associação Latino-Americana de Mutagenese, Carcinogênese e Teratogênese Ambientais (ALAMCTA), organizadora do evento, homenageou Frederick Sobels, editor-chefe da publicação holandesa Mutation Research, pela sua contribuição ao desenvolvimento dessa área na América Latina. Destacamos, a seguir, alguns trabalhos.

Modelos biológicos para avaliação de genotoxicidade

W. Venegas e I. Hermosilla, da Faculdade de Ciências Biológicas e Recursos Naturais da Universidade de Concepción (Chile), observaram a formação de micronúcleos em larvas do anfíbio anuro *Caudiverbera caudiverbera*, na presença de pentaclorofenol — pesticida, bactericida e fungicida não degradável, de uso extensivo no Chile —, encontrado em águas de rios. Os embriões de *C. caudiverbera* apresentaram malformações. Segundo os pesquisadores do Chile, os sistemas de larvas e embriões podem ser utilizados como modelo para a detecção de agentes genotóxicos presentes em águas continentais nos programas de genética toxicológica dos países em desenvolvimento.

Beta-mirceno como antimutagênico

A pesquisa de H. Zamith, M. Vidal e F. Paumgarten, da Fiocruz, em conjunto com C. Roscheisen e G. Speit, da Universidade de Ulm, Alemanha, demonstrou que o beta-mirceno, composto de origem vegetal que vem sendo testado como anestésico, reduz as alterações cromossômicas — a troca de cromátides irmãs — produzidas por ciclofosfamida em linfócitos humanos e por aflatoxina. Os pesquisadores acreditam que o beta-mirceno pode inibir certas formas do citocromo P450, um componente celular relacionado ao metabolismo de diversos fármacos, impedindo a formação de produtos genotóxicos.

Agentes genotóxicos naturais

O guaraná (*Paullinia cupana*) e o mate (*Ilex paraguayensis*) queimado mostraram-se capazes de induzir profagos em bactérias *Escherichia coli*, indicando genotoxicidade, nos experimentos realizados por Álvaro Leitão e colaboradores, do Departamento de Radiobiologia do Instituto de Biofísica da UFRJ. Os pesquisadores apontaram, como possíveis responsáveis, as espécies ativas de oxigênio, moléculas com grande potencial oxidante, pois, uma vez tratadas com catalase, superóxido dismutase, tiouréia, captadores de ferro e frações de fígado de rato — compostos que promovem a neutralização ou impedem a formação destas espécies —, ocorria uma diminuição significativa do efeito. O estudo prossegue com o isolamento e a identificação dos componentes responsáveis pela toxicidade.

Agentes genotóxicos sintéticos

Um grupo coordenado por Roberto Alcântara Gomes, do Instituto de Biologia da UERJ, aplicou o teste de Ames — método de identificação da atividade genotóxica — em diversos medicamentos (hipnóticos, sedativos, vasodilatadores cerebrais, antidepressivos, antipsicóticos, antieméticos, anti-epiléticos, supressores de apetite, antiparkinsonianos e remédios para enxaqueca). A equipe obteve resultados positivos de genotoxicidade para o antipsicótico trifluoroperazina, o antidepressivo tranilcipromina e o anti-histamínico dimenidrinato.

ADN recombinante e mutagenese

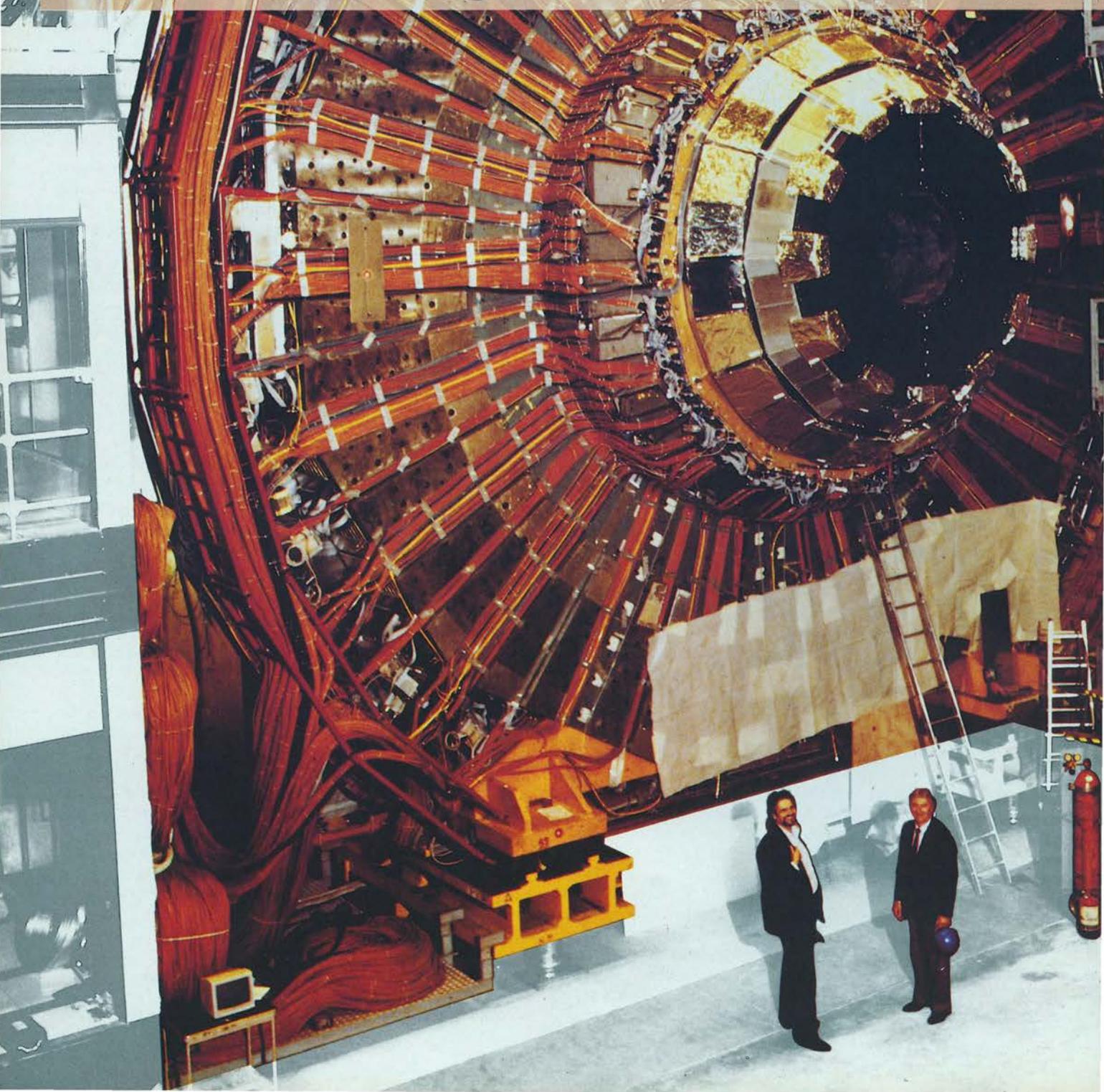
Carlos Menck, do Instituto de Biociências da USP, e colaboradores desenvolveram um novo vetor-ponte, um vírus capaz de inserir um plasmídeo (seqüência de ADN contendo genes) tanto em células de mamíferos quanto em bactérias (*Escherichia coli*). Por esta via, células de macacos da linhagem COS receberam um gene que sintetiza a enzima beta-galactosidase, que atua como indicadora de mutações. Em *E. coli*, a beta-galactosidase leva à formação de colônias azuis em meio de cultura especial; a presença de colônias brancas indica a ocorrência de mutação gênica.

Ao fazer um tratamento prévio dos vetores-ponte com um composto capaz de formar grandes quantidades de oxigênio singlet, molécula altamente reativa, os pesquisadores da USP observaram um marcado aumento na freqüência de mutações. O seqüenciamento do plasmídeo utilizado demonstrou que o oxigênio singlet induz deleções e substituições na molécula de ADN, incluindo mutações múltiplas.

Mutagenicidade versus câncer

Matéria publicada na *Science*, vol. 249, p. 970 (1990), pelo autor de um dos testes de mutagenicidade mais utilizados, Bruce Ames, da Universidade da Califórnia, EUA, foi discutida largamente durante o simpósio. O artigo questiona a relevância dos testes na avaliação do potencial cancerígeno de compostos sintéticos, argumentando, entre outras coisas, que uma alta porcentagem dos agentes que provocam câncer não são mutagênicos e que há um grande número de mutações induzidas por componentes endógenos e por compostos naturais, comuns nas dietas do dia-a-dia. Segundo Ames, a ingestão diária de compostos naturais é muito superior à de sintéticos. Muitos dos que defendem a validade dos testes reconheceram suas imperfeições, mas houve consenso quanto ao risco, a ser assumido pela sociedade, de acrescentar mutagênicos sintéticos à dieta alimentar e ao ambiente.

FÍSICA DE ALTAS ENER HÁ ESPAÇO PARA O BR



GIAS: ASIL?

FOTOS CEDIDAS PELO AUTOR.

O crescimento da participação de físicos brasileiros nas experiências efetuadas nos maiores aceleradores de partículas atualmente existentes — no Fermilab, nos Estados Unidos, e no CERN, na Europa — representa muito para o país. Além de formar pesquisadores em uma área científica de fronteira, essa participação pode resultar ainda em transferência de tecnologia de ponta e abrir caminho para a entrada da indústria nacional no seleto grupo de fornecedores dos grandes laboratórios multinacionais.

Ronald Cintra Shellard

Departamento de Física,
Pontifícia Universidade Católica, RJ

TARDE DA NOITE . . .

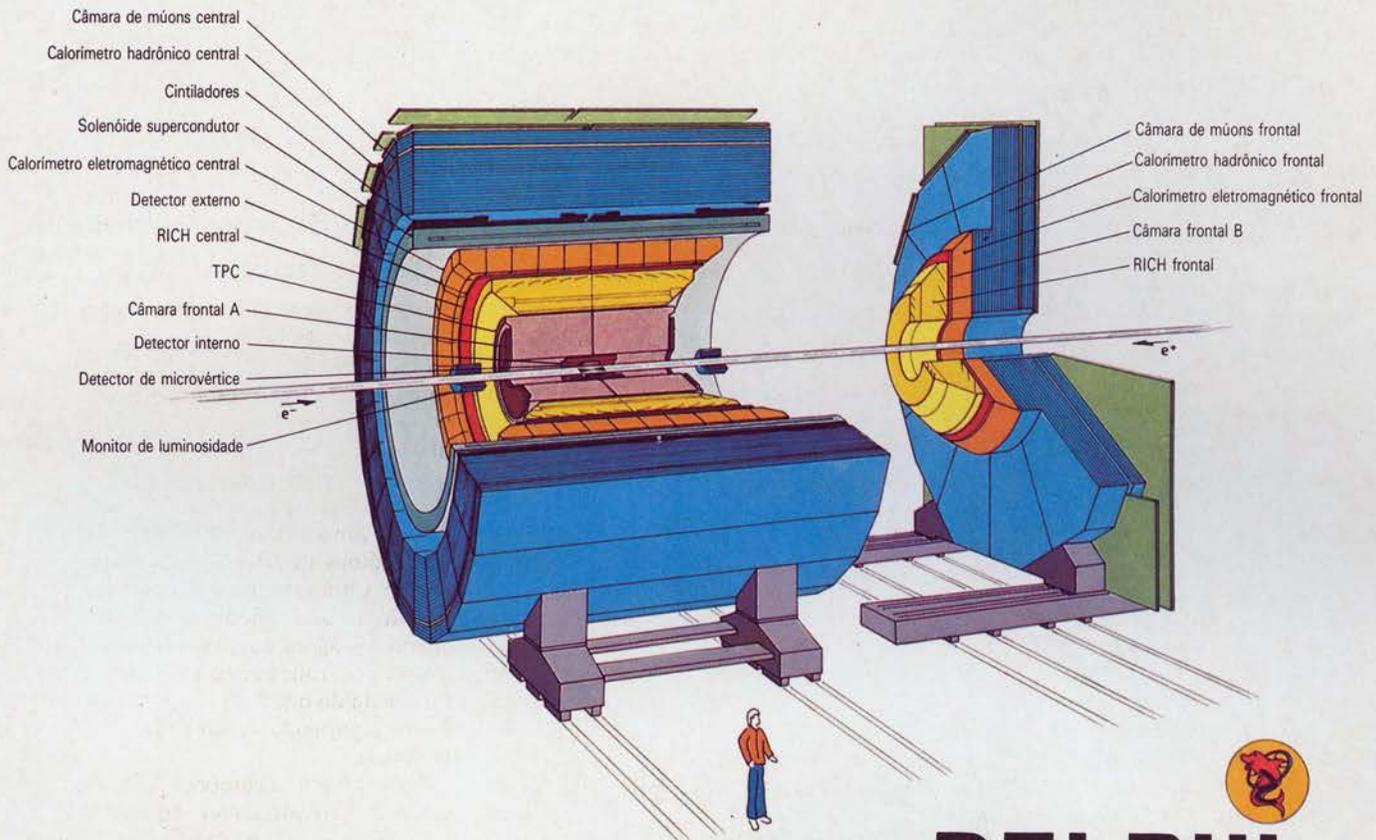
Já era a madrugada de 23 de agosto, 1990, quando finalmente o 'evento' surgiu na tela de um monitor. Depois de três dias de espera angustiada e seis anos de preparativos, tínhamos nossa primeira partícula Z. A euforia no andar térreo do prédio 13 do Laboratório Europeu para Física de Partículas (CERN) foi moderada apenas pelo extremo cansaço gerado por semanas de trabalho quase ininterrupto para pôr no ar o detector DELPHI e dar início à operação do *Large Electron Positron Collider* (LEP), um anel de colisão de partículas. Este fora montado na periferia de Genebra, cem metros abaixo da superfície, num túnel circular de 27 km de comprimento. Naquele instante, os quatro detectores nele instalados tinham registrado suas partículas Z (ver 'Perfil: José Leite Lopes', em *Ciência Hoje* n.º 20).

Quase um século antes, em novembro de 1895, o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen descobrira os raios X, abrindo

um campo novo: a física das altas energias. Röntgen fez suas observações sozinho, e alguns dias lhe bastaram para preparar seu aparato experimental, fazer suas medidas e publicar os resultados. Já a construção do LEP e de seus quatro aparatos experimentais demandou o trabalho de milhares de físicos, engenheiros e técnicos por oito anos. De fato, neste final do século XX, a física de altas energias se distingue da grande parte das atividades científicas pela escala de grandeza dos projetos que envolve, seu modo de organização e sua interação com o setor produtivo da sociedade.

Meu propósito é examinar aqui as peculiaridades desse domínio da física, abordando em particular a colaboração de que participo, o experimento DELPHI, com um enfoque sociológico. Acredito poder inferir dessa experiência algumas características mais gerais da pesquisa em física de altas energias, com ênfase no seu impacto social. Darei especial atenção a aspectos que podem ser relevantes no contexto brasileiro.

Parte frontal do detector DELPHI.



DELPHI

DELPHI-ES-1-077-Z

1979-84, CERN, CERN

A NATUREZA DA NOITE

A física de altas energias tem por objeto a natureza da natureza: as regras básicas das relações que têm lugar em meio à matéria e os elementos que a compõem, as leis que regem os processos naturais. A natureza se desdobra como num palco, o espaço-tempo; os atores são as partículas elementares (quarks, léptons e bósons vetoriais), que seguem o roteiro das interações fundamentais, escrito na linguagem da mecânica quântica e da relatividade.

As interações fundamentais são de quatro tipos. A que nos é mais familiar, a gravitação, rege o concerto cósmico, a dança dos planetas, das estrelas e das galáxias, e nos mantém com os pés no chão. As interações eletromagnéticas — visíveis na forma de luz e presentes em toda a parafernália elétrica e eletrônica que hoje faz parte do nosso cotidiano — são os intermediadores da atração dos elétrons pelos núcleos atômicos, constituindo, em última análise, os agentes responsáveis por toda a química e os processos da vida.

Os efeitos desses dois tipos de interação são perceptíveis em distâncias macroscópicas: não só somos atraídos pela Terra, como nosso sistema solar sofre os efeitos da atração gravitacional de constelações dis-

tantes, como Virgo. Quanto à interação eletromagnética, é ela que nos permite ver um quasar que está a bilhões de anos-luz do nosso planeta, ou receber as mensagens — fotos de Netuno, por exemplo — enviadas por sondas espaciais como a *Voyager*.

Já os efeitos dos dois outros tipos de interação manifestam-se de modo mais sutil e só são perceptíveis em distâncias microscópicas, da ordem da dimensão do próton (cem mil vezes menor que um átomo).

As interações fortes mantêm juntos prótons e nêutrons no núcleo atômico. Atuam como se fossem uma cola na superfície dessas partículas, de tal modo que, quando elas se tocam, a ligação é muito forte, mas basta que estejam separadas por cerca de um diâmetro nuclear para que reine a indiferença.

As interações fracas são mediadoras dos processos de transmutação nuclear, responsáveis pelo mecanismo da fornalha de fusão nuclear do Sol e das estrelas, e pela radioatividade dos elementos. Sua ação é restrita a dimensões subnucleares, e está relacionada, de forma muito peculiar, com as interações eletromagnéticas.

Os atores, as partículas fundamentais, distinguem-se em duas categorias, com funções muito distintas. Na primeira delas estão os quarks e os léptons, que caracteri-

zam toda a matéria visível. Ambos se apresentam sob diferentes formas, ou sabores, na linguagem dos físicos: os quarks nos sabores *up* (*u*) e *down* (*d*), e os léptons nos sabores elétrons (*e*) e neutrinos (ν). Os quarks sofrem os efeitos das interações fortes, ao passo que os léptons são insensíveis a elas. Por efeito das interações fortes, os quarks aparecem sempre em grupamentos de três, como no caso de prótons e nêutrons, ou em duplas de quarks e antiquarks, como no caso dos píons. Os elétrons e neutrinos existem isoladamente (ver 'A matéria indivisível', em *Ciência Hoje* n.º 14, e 'O início e o fim', em *Ciência Hoje* n.º 33).

A segunda categoria de partículas fundamentais é formada pelos bósons vetoriais, que quase sempre têm existência efêmera, mas nem por isso deixam de ser essenciais para a ordem no cosmo: são os agentes das interações. Ela inclui os glúons, que estão associados às interações fortes, intermediando as relações entre os quarks, isto é, gerando a 'cola' da superfície de prótons e nêutrons, e os fótons, estes de existência perene, que são agentes eletromagnéticos, mantendo relações com qualquer partícula que carregue carga elétrica. Pertencem também a esta categoria os bósons W^+ , W^- e Z , que manifestam as interações fracas, e sua tibieza decorre da enor-

me massa desses seus agentes, cerca de cem vezes maior que a do próton.

Um dos grandes avanços científicos deste século foi a compreensão do parentesco entre os bósons vetoriais massivos e o fóton, bem como da estrutura das interações fracas e eletromagnéticas, manifestações diferentes de uma interação mais fundamental, a eletrofraca.

O estudo minucioso dessa interação eletrofraca foi a principal motivação para a construção do LEP. A colisão de elétrons e pósitrons nesse anel resulta na produção dos bósons vetoriais Z (para produzir W^+ e W^- é necessário o dobro da energia atualmente disponível no LEP). O trabalho dos físicos no âmbito do DELPHI e dos três outros experimentos do LEP visa a examinar os fragmentos dessa partícula, medir as conseqüências da teoria das interações eletrofracas e testar sua coerência.

Por razões que ainda não compreendemos, os quarks e os léptons existem na natureza em três conjuntos idênticos sob todos os aspectos, exceto na massa. Entre os quarks, o charme, o estranho, o top e o bottom são gêmeos quase idênticos dos quarks u e d , mas com uma massa muito maior que a destes últimos. Entre os léptons, e e μ — têm por gêmeos quase idênticos o múon, o tau e os neutrinos de múon e de tau. (Esses nomes são ditados mais por idiossincrasias dos físicos que por qualquer razão objetiva.)

Os modelos teóricos para a estrutura das partículas e das interações fundamentais, fundados em bases experimentais e matemáticas sólidas e coerentes, são alguns dos maiores triunfos da física deste século. O estudo das interações fortes, cujo nome técnico é cromodinâmica quântica, somado à teoria das interações eletrofracas, forma o chamado 'modelo padrão das interações fundamentais na natureza'.

É curioso comparar o estágio da física no final do século passado, quando Röntgen descobriu os raios X, e nos nossos dias. Naquela época, a mecânica clássica, o eletromagnetismo e a termodinâmica estavam consolidados. Com base nesses três ramos, todos os fenômenos naturais podiam, em princípio, ser explicados. Restavam, porém, algumas questões a resolver, como o espectro do corpo negro, a anomalia no periélio de Mercúrio, o efeito fotoelétrico. Foi na solução dessas questões que a física gerou a revolução que a marcou no século XX. Hoje, temos o 'modelo padrão' e algumas grandes indagações, como a origem da massa das partículas, o porquê das três famílias de quarks e léptons. Possivelmente será a solução delas, e a de outras questões que surgirem nos interstícios dos dados experimentais, que nos impelirá a uma nova transformação, que marcará a física do século XXI.

LABORATÓRIOS MULTINACIONAIS

A física de altas energias envolve projetos de escala tão grandiosa que não podem ser empreendidos por países isolados. A razão histórica disto pode ser buscada no período posterior à Segunda Guerra Mundial. Até então, um laboratório típico para experimentos com partículas elementares cabia numa única sala, e o trabalho era feito por um pequeno grupo de pessoas. Durante a guerra, os físicos aprenderam a trabalhar em grandes organizações, como o projeto Manhattan, e passaram a gozar, nos EUA, de considerável influência política.

Após a guerra, esse poder político foi usado para reunir recursos para a construção de aceleradores de partículas em várias universidades. Surgiram então os primeiros laboratórios nacionais. No início dos anos 70, três laboratórios nos EUA tinham aceleradores de partículas de grande porte: o Brookhaven National Laboratory, com um acelerador de prótons de 28 GeV (o *gigaelétron-volt* é uma unidade de energia; a energia do próton em repouso é $mc^2 = 0,94$ GeV); o Stanford Linear Accelerator Center (SLAC), com um acelerador de elétrons de 18 GeV, e o Fermilab, com um acelerador de prótons de 400 GeV. A essa altura, os soviéticos tinham construído em Serpukhov um acelerador de prótons de 70 GeV, que por breve período foi o maior do mundo.

Na Europa, a física de altas energias organizou-se em torno do CERN (conservava-se a sigla derivada de *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*, mas hoje o nome oficial da instituição é Laboratório Europeu para Física das Partículas), mantido pelo governo de 14 países membros.

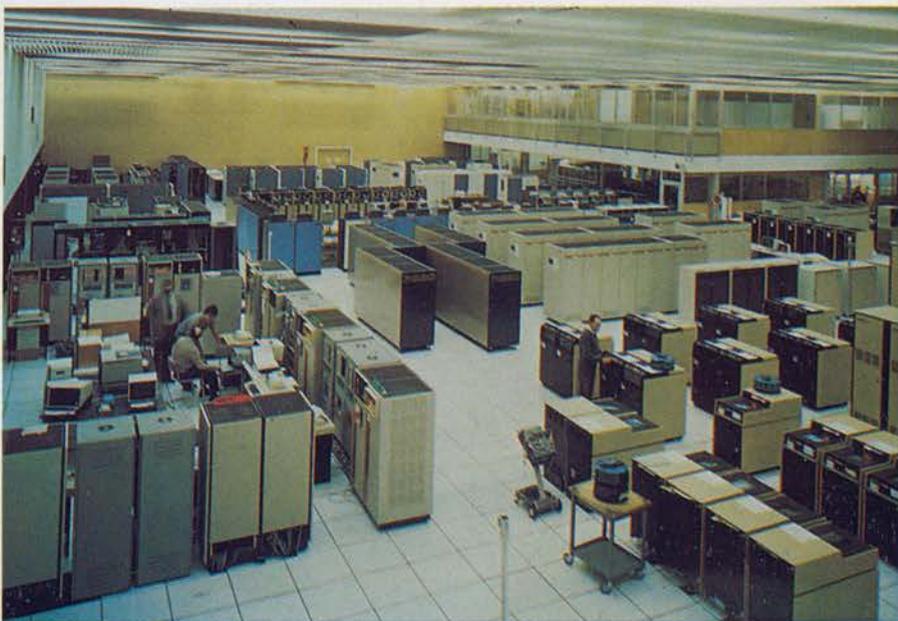
A idéia do CERN, formulada num período em que a Europa começava a se recuperar dos efeitos da guerra, nasceu de um discurso do físico Louis-Victor de Broglie, na Conferência sobre a Cultura Européia, realizada em Lausanne, na Suíça, em 1949. Nela, já estava presente o germe de um movimento rumo a uma unificação européia.

A idéia foi encampada por inúmeros políticos e cientistas e pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), que teve papel decisivo nas negociações que levaram à assinatura da convenção que criou o CERN, em 1953. Essa convenção, entre outros preceitos, veta trabalhos de natureza militar e estabelece que tudo que é produzido no laboratório, seja no plano experimental ou teórico, deve ser publicável.

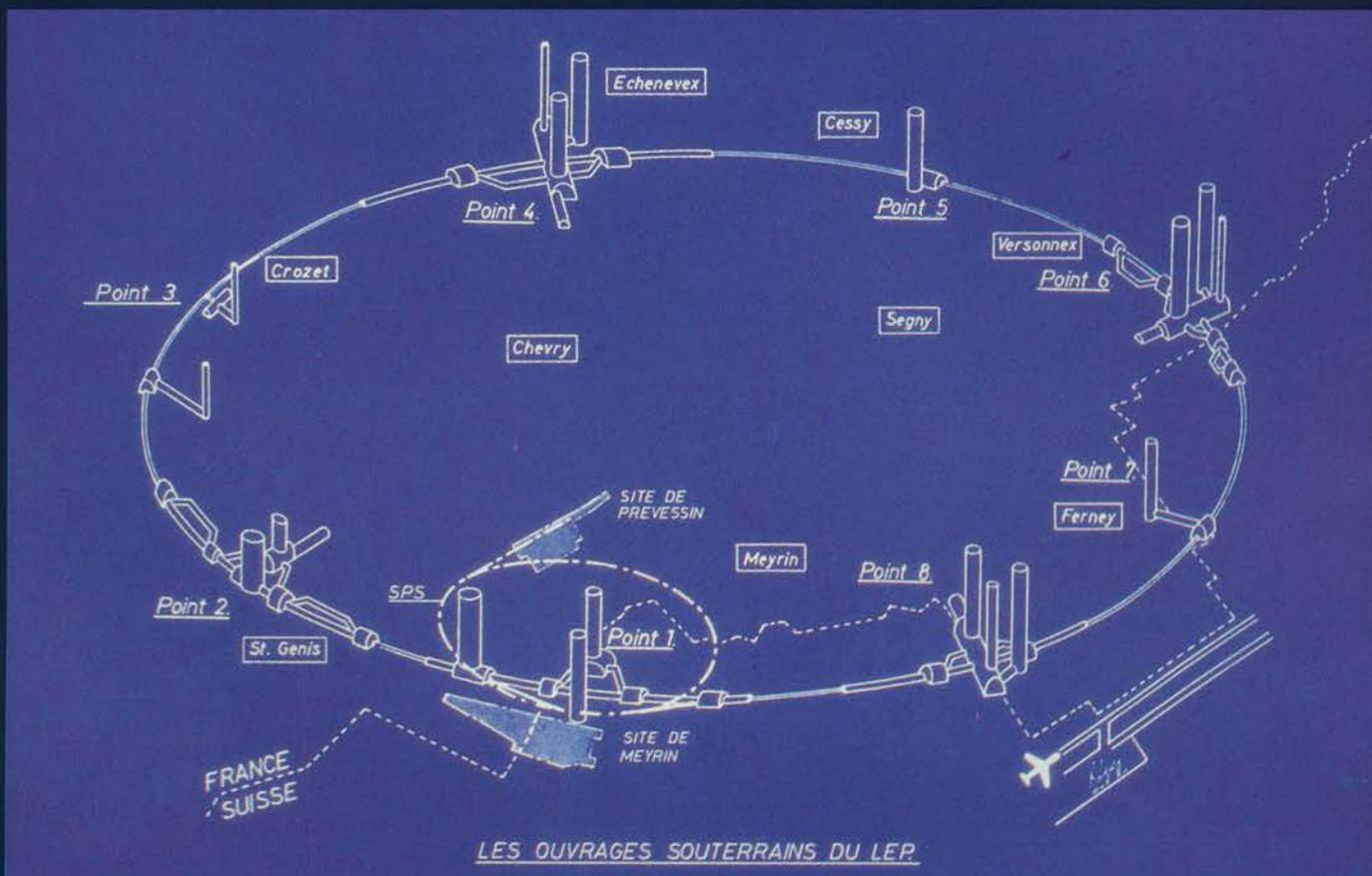
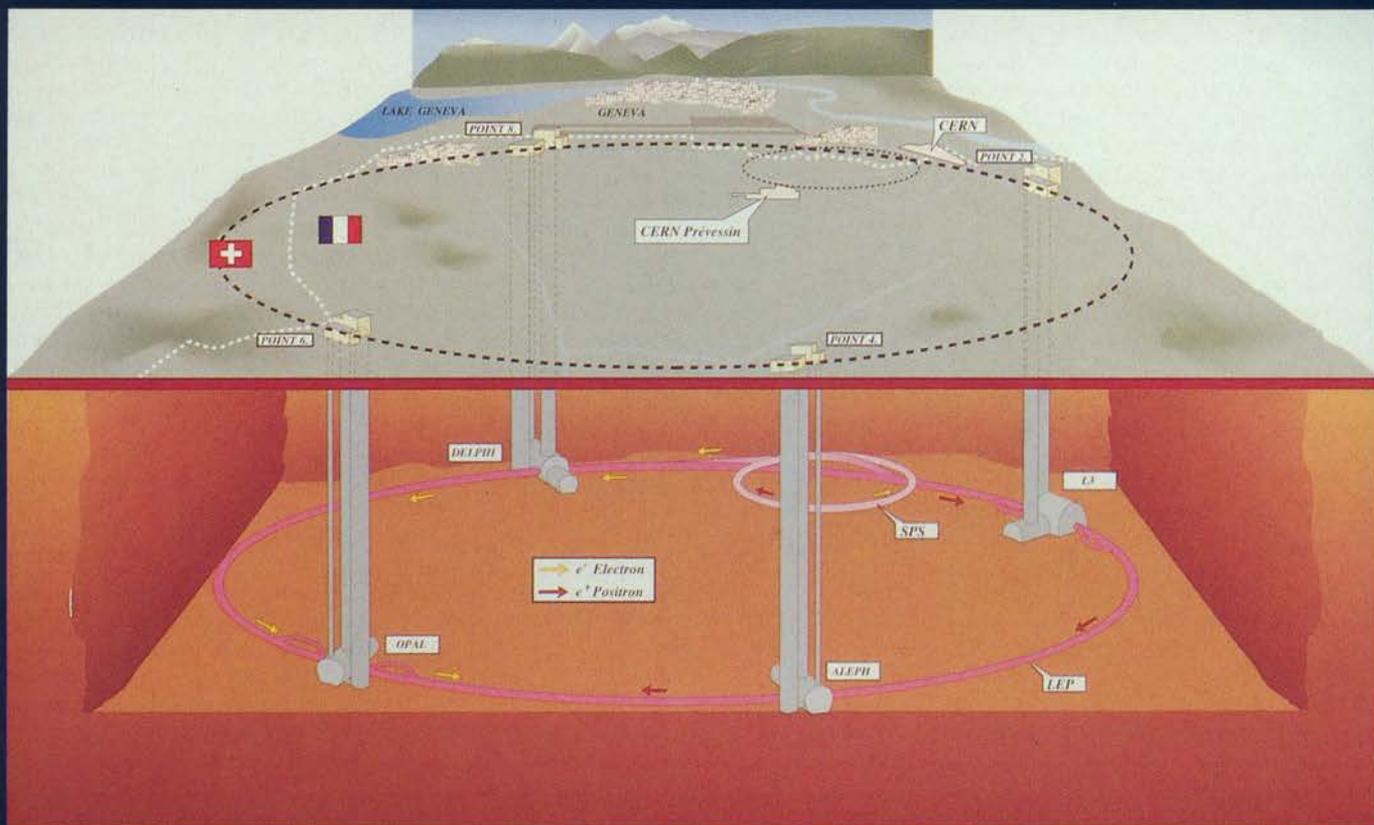
Em 1959 foi inaugurado o acelerador PS (Próton Síncrotron), planejado para acelerar prótons até 25 GeV, então o maior do mundo. Curiosamente, esse acelerador, que já sofreu várias modificações, continua operando, agora como pré-injetor de elétrons e pósitrons para o LEP. Nos anos 70 foi concluído o SPS do CERN, um acelerador de capacidade similar ao construído no Fermilab.

Mas, embora os europeus já tivessem essas máquinas excelentes, equivalentes às americanas em capacidade, os EUA dominaram a física de altas energias nos anos 60 e 70. Talvez isso se devesse ao temperamento mais conservador dos europeus, ou ainda ao fato de que, sendo o CERN ligado ao governo de muitos países, tendia a impor maiores restrições de natureza burocrática, que arrefeciam a ousadia de seus colaboradores.

Fosse como fosse, esse quadro foi inver-



Salão de computadores do CERN.



LES OUVRAGES SOUTERRAINS DU LEP.

Localização do túnel do LEP, com a cidade de Genebra e o Mont Blanc ao fundo, e vista esquemática das instalações subterrâneas.

tido e, nos anos 80, os europeus assumiram a liderança nos projetos de física de altas energias. No final dos anos 70, o físico italiano Carlo Rubbia propôs tanto aos norte-americanos como aos europeus a construção de um anel de colisão para prótons e antiprótons para procurar as partículas W e Z previstas pela teoria das interações eletrofracas.

Na verdade, o projeto de Rubbia implicava a modificação dos dois grandes aceleradores então existentes no CERN e no Fermilab. Os norte-americanos, já às voltas com drásticos cortes orçamentários, decidiram não levar adiante o projeto. A administração do CERN, porém, mesmo considerando-o muito ousado, decidiu levar adiante a construção do anel de colisão próton-antipróton.

Já em 1983 as primeiras partículas W e Z eram observadas no novo acelerador e, um ano depois, Carlo Rubbia e o engenheiro Simon van der Meer, que tornou tecnicamente possível a construção desse anel, receberam o prêmio Nobel de física, o primeiro concedido a um trabalho realizado no CERN.

Desde 1981, porém, antes mesmo que partículas W e Z fossem observadas nesse acelerador, os europeus tinham decidido dar um passo adiante: construir o gigantesco anel de colisão LEP, uma máquina para produzir diretamente partículas Z e W .

RETRATO DE UM EXPERIMENTO

Escolheu-se um anel para a colisão entre elétrons e suas antipartículas, os pósitrons, porque os processos físicos envolvidos em tal colisão são simples, comparados aos da colisão de prótons; em contrapartida, as dimensões teriam de ser muito maiores.

Foram necessários oito anos para escavar o túnel, construir as obras de suporte, instalar os magnetos e a cavidade de radiofrequência. Foi preciso construir quatro cavernas para abrigar os detectores nas regiões de cruzamento entre os elétrons e os pósitrons, tudo isso a cerca de cem metros de profundidade.

O detector DELPHI — 3.500 toneladas de instrumentos montados na caverna do LEP mais próxima do aeroporto de Genebra — foi projetado e construído por físicos, com a colaboração de engenheiros e técnicos, todos vinculados a instituições de pesquisas físicas espalhadas por 15 países, muitos europeus (incluindo a União Soviética), e os EUA.

A colisão de elétrons e pósitrons forma uma partícula Z , mas esta é instável e fragmenta-se rapidamente em píons, prótons, nêutrons, múons, uma miríade de



Início da construção do detector DELPHI. Partes central (à direita) e frontal (à esquerda) do calorímetro hadrônico.

partículas. Isso ocorre, contudo, numa proporção que obedece a regras bem definidas e que, em princípio, pode ser calculada a partir do 'modelo padrão das interações'. A nós, físicos, compete identificar todos os fragmentos da Z , medindo suas energias e contrastando-os com as previsões teóricas, em busca de anomalias nessas proporções.

A correspondência com as previsões corrobora o modelo padrão, enquanto anomalias apontam para a existência de regras da natureza ainda desconhecidas ou para efeitos insuspeitados das teorias já estabelecidas.

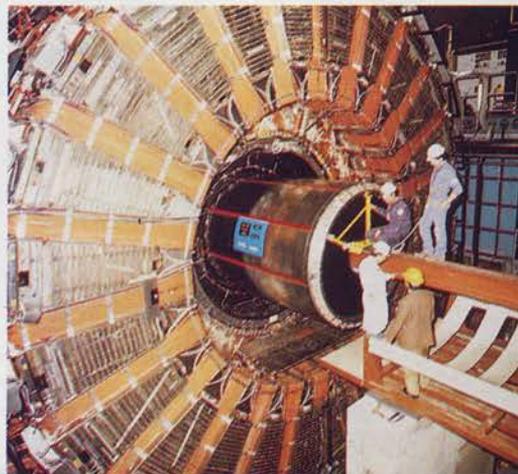
O papel do detector é fazer uma espécie de fotografia dos fragmentos de uma colisão, por meio de instrumentos que identificam e medem a posição e a energia das partículas e geram sinais eletrônicos que são coletados e processados por computadores. Depois de processados, os 'eventos' — como chamamos cada colisão — são analisados pelos físicos e podem ser inspecionados num a um em estações de trabalho com terminais de computador, com o uso de programas gráficos extremamente sofisticados.

O DELPHI é interessante não só pela física que gera, mas também pela sua sociologia, pelo modo como a colaboração se organiza. O primeiro artigo com o relato de nossas observações experimentais foi assinado por 562 físicos! É um batalhão de cientistas, com diferentes personalidades e idiossincrasias. Pois esse conjunto heteróclito de físicos com as mais diferentes formações, superando suas tendências individualistas, mostrou-se capaz de, organizadamente, planejar e construir essa peça extremamente complexa, dentro do cronograma e funcionando segundo as especificações originais, ou até melhor. Tudo isso,

no âmbito de uma estrutura organizacional relativamente frouxa, sem rigidez em sua estrutura hierárquica e com mecanismos de decisão bastante democráticos.

A responsabilidade pela construção das diferentes partes do detector foi distribuída entre grupos ligados a instituições que participam da colaboração. Um grupo típico reúne cerca de dez físicos, metade deles cursando o doutorado, e mais cerca de cinco pessoas entre engenheiros e técnicos.

No caso brasileiro, a colaboração entre os físicos da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC/RJ) e do Laboratório de Física Experimental para as Altas Energias (Lafex), do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), corresponde ao perfil de um grupo típico do DELPHI. A experiência mostrou que é viável a participação de grupos brasileiros em grandes colaborações em física de altas energias, construindo componentes de de-



Introdução da TPC na parte central do detector DELPHI. Os feixes de cabos (radiais) do calorímetro hadrônico conduzem os sinais eletrônicos produzidos pelo detector.

tectores aqui no Brasil e participando de forma ativa de todos os estágios de um experimento arrojado e de grandes proporções. Temos possibilidades e competência para tanto.

A organização do DELPHI envolve várias estruturas que se superpõem. Por um lado, há os grupos ligados ao detector, coordenados por um físico e englobando, cada um, pessoas de diferentes instituições. Tiveram por tarefa construir as várias partes do detector e, agora, compete-lhes mantê-las em operação e cuidar do seu desenvolvimento. Quando uma instituição passa a fazer parte da colaboração, assina um acordo em que se compromete a participar da construção, manutenção e desenvolvimento do componente x do detector, incluindo participação nos custos.

O que garante o sucesso de cada parte da construção do detector é uma certa redundância nas responsabilidades e um acompanhamento sistemático da evolução do projeto. Assim, se determinado grupo começa a atrasar sistematicamente sua parte do projeto, a redundância garante que algum outro grupo o substituirá na tarefa. O preço pago por um grupo que não desempenha sua tarefa é o ostracismo dentro da colaboração. Como em última análise o principal patrimônio de cada grupo na colaboração é sua credibilidade, tais situações de ostracismo são muito negativas. Na prática, os mecanismos de redundância de responsabilidades e os acompanhamentos sistemáticos têm notável eficácia.

A outra ponta do produto da colaboração — a análise e a interpretação dos dados — é regida por um mecanismo similar, mas aqui os grupos são menos definidos em termos institucionais e o interjogo paradoxal entre a competição e colaboração científicas desempenha um papel crucial. A nossa colaboração (o experimento

DELPHI), em seu conjunto, está em competição com três outras no âmbito do LEP; mesmo internamente, porém, há certa dose de competição, domesticada pela cooperação. Nossos resultados, por exemplo, são publicados em nome de toda a colaboração, não de grupos. Assim, a competição interna poderia trazer benefícios promovendo um grupo em relação aos demais dentro da colaboração, mas reduziria a eficácia geral, prejudicando a colaboração, e o resultado desse conflito é positivo.

No Brasil, temos condições de contribuir de forma efetiva para o trabalho de análise e interpretação dos dados. Nossa maior limitação, no momento, está na transferência dos dados através de conexão eletrônica, um problema que pode ser resolvido tecnicamente, em curto prazo, com a instalação, pela Rede Nacional de Pesquisa (RNP), de uma linha de alta capacidade para a Europa. A base, em termos de agrupamento computacional e *software*, já está bem constituída; é necessário apenas uma expansão que acompanhe a demanda, um problema de recursos e não de limitação técnica.

A contribuição técnica do grupo de físicos brasileiros no DELPHI até agora centrou-se no desenvolvimento do *software* de análise física e do detector de microvértices. A função desse detector, que ocupa a região mais próxima do ponto de colisão do elétron e do pósitron, é medir trajetórias de partículas carregadas com precisão da ordem de cinco micrometros e identificar, em termos físicos, partículas que são produzidas na colisão, mas que se desfazem em outras após uma viagem muito breve.

Esse tipo de detector, de concepção bastante recente, envolve a tecnologia do *silicon microstrip detector* (SMD), um substrato de silício com uma espécie de câmara de fios gravada na sua superfície. É uma tec-

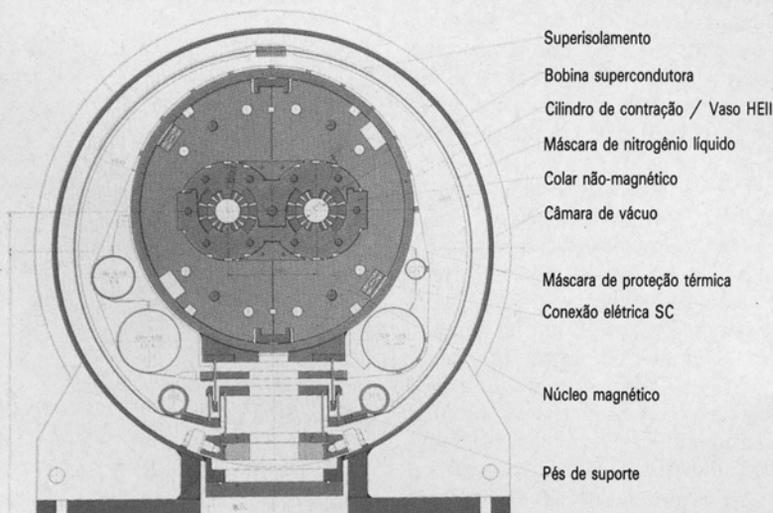
nologia de enorme potencial, não só no campo da física de altas energias: será extensivamente utilizada nos detectores planejados para o final da década, e também em instrumentos precisos e compactos para a detecção de radiação (substituindo, por exemplo, os pesados e caros equipamentos de tomografia), em sensores para radiação ultravioleta no espaço, em telescópios e até televisores de alta definição.

PARA ONDE VAMOS?

Além do LEP, o outro grande anel de colisão hoje em operação é o Tevatron, no Fermilab, nos EUA, que colide prótons e antiprótons com energia de 1.800 GeV. Apesar de ter energia tão elevada, esse anel de colisões hadrônicas tem a desvantagem de gerar eventos com muito ruído, em contraste com os produzidos pelo LEP, que são 'limpos'. O problema com aceleradores circulares de elétron é a radiação de síncrotron gerada por essas partículas, que obriga à construção de aceleradores de grandes dimensões. Curiosamente, a radiação de síncrotron, se gera problemas nos aceleradores de altas energias, aparece como uma solução em outras áreas da física, tendo muitas aplicações científicas e tecnológicas (ver 'Síncrotron: a primeira luz', em *Ciência Hoje* n.º 62).

A próxima geração de aceleradores de partículas já está em gestação: são dois megaprojetos, um no CERN e outro nos EUA. O projeto europeu, a ser inaugurado em 1998, é o *Large Hadron Collider* (LHC). Instalará no túnel do LEP um acelerador de prótons capaz de acelerá-los até 8.000 GeV, utilizando para isso 27 km de magnetos supercondutores. O projeto americano — o *Superconducting Super Collider* (SSC) — que está sendo construído perto de Dallas, no Texas, a um custo de oito bilhões de dólares, será instalado num túnel de 90 km de comprimento, juntamente com magnetos supercondutores. A fabricação de tal extensão de magnetos supercondutores significa que esses dois projetos deverão absorver, nesta década, fração substancial da produção mundial de fios supercondutores. A propósito, esses laboratórios usarão supercondutividade a baixas temperaturas, pois, apesar dos recentes progressos na identificação de materiais que são supercondutores a centenas de graus Kelvin, seu emprego em magnetos comerciais, como os necessários para aceleradores, só será possível, segundo os especialistas, dentro de mais duas décadas.

A formação das colaborações experimentais para atuar nesses aceleradores do final dos anos 90 exacerba alguns problemas já existentes nos grupos que trabalham no



CORTE TRANSVERSAL DO MAGNETO SUPERCONDUTOR LHC (LARGE HADRON COLLIDER)

CERN: PESQUISA E FORMAÇÃO

Este artigo originou-se de uma palestra feita no Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em Brasília, em 26 de junho de 1990. Estavam presentes diretores e funcionários do CNPq e da Secretaria de Ciência e Tecnologia, que participaram de um debate que se seguiu à palestra, e que resumimos aqui.

— *Como é feito o orçamento do CERN?*

— O orçamento do CERN é aprovado por um conselho integrado por representantes dos governos dos países membros e depois rateado entre esses países, de modo proporcional ao Produto Interno Bruto de cada um. Os custos do LEP, cerca de 700 milhões de dólares, distribuídos ao longo de sete anos, foram cobertos pelo orçamento normal do CERN. Isto foi possível graças à desativação de outros projetos cujo período de maturação já tinha sido ultrapassado e à reutilização de aceleradores disponíveis e de equipamento ocioso. O detector DELPHI custou cerca de cem milhões de dólares; cerca de 60% dessa quantia foram pagos pelo CERN e o restante pelas 40 instituições participantes, durante sete anos. Isto corresponde a um custo anual de cerca de 11.500 dólares por pesquisador envolvido, o mesmo das *tuition and fees* de um doutorado no exterior, por ano.

— *Como é resolvida a questão da propriedade industrial e intelectual dos projetos patrocinados pelo CERN?*

— Na área do *software*, os programas desenvolvidos no CERN são de uso público. Basta uma instituição que trabalhe em física de altas energias solicitar e receberá uma fita magnética pelo correio. Alguns programas são desenvolvidos em cooperação com a indústria; mas os físicos de altas energias podem comprá-los com grande desconto.

Quanto às patentes, creio que o CERN não tem nenhuma, é proibido pelo seu próprio estatuto.

— *O CERN não visa ao desenvolvimento tecnológico de um produto final?*

— Os produtos finais da atividade do CERN são os resultados dos experimentos em física de altas energias que ali se fazem. Para isto, porém, é preciso desenvolver os instrumentos

necessários aos experimentos, o que resulta em desenvolvimento tecnológico.

— *O que vocês, físicos de altas energias, pedem não é mais do que pedem as outras áreas. Querem que os prazos sejam cumpridos, querem honrar os compromissos. Esta nossa incapacidade de garantir efetivamente as coisas é o drama que vivemos nas agências de desenvolvimento científico e tecnológico. Se a economia se estabilizar, talvez se torne possível cumprir esses compromissos...*

— Entendo bem os problemas que o país atravessa, mas é preciso fazer ver às autoridades que controlam os recursos de ciência e tecnologia, bem como ao Congresso Nacional, que em ciência o fator tempo é decisivo. Projetos científicos avançados são estreitamente dependentes do tempo, pois, quando são completados muito depois do previsto, perdem sua razão de ser. Se vamos gastar 80 milhões de dólares no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), devemos fazer isso no tempo certo, porque, se o projeto se completar com cinco anos de atraso, teremos jogado dinheiro pela janela.

— *Fiquei entusiasmado com algumas comparações que você fez, sobretudo quanto à questão da formação de recursos humanos, que é muito cara. Hoje um PhD no exterior custa cerca de 120 mil dólares. A formação de um doutor no âmbito do programa do CERN, onde ele é visto como um colega profissional, pode ser um desafio fantástico. Segundo você, o que garante que numa situação como essa — em que seguramente não há cursos, não há créditos — se tenha uma formação sólida (não meramente informação)?*

— Esses programas são muito interessantes para nós, brasileiros. Pois os estudantes cursam as disciplinas aqui e não têm que refazê-las, como é comum em doutorados no exterior. Depois passam dois ou três anos junto à colaboração internacional e voltam; analisam seus dados e defendem suas teses aqui, voltando para trabalhar na colaboração. É um processo mais barato e mais eficiente de formação de recursos humanos.

Numa colaboração experimental, a motivação é muito forte. A participação, como um igual, e com responsabilidades, nos mais avançados experimentos — e não como um a mais na quota dos países do Terceiro Mundo — é o que torna a formação na física de altas energias particularmente enriquecedora, gerando amadurecimento e autoconfiança.

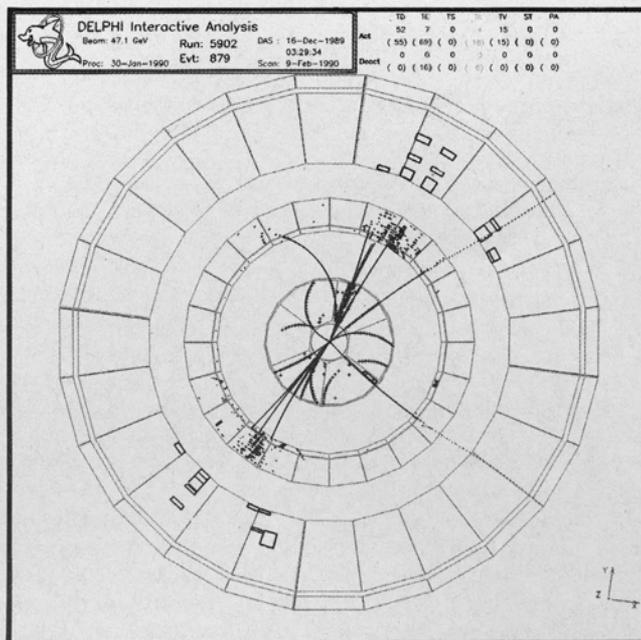
LEP. A coordenação de grupos que reúnem um milhar de cientistas e a comunicação efetiva entre eles é um desafio. Já está sendo formado, no âmbito do SSC, um grupo que envolve a colaboração de instituições sediadas em todos os continentes. Estes grupos deverão estar eletronicamente interconectados, de modo a poder fazer conferências através de vídeo, pois o custo das viagens intercontinentais tornaria a participação na colaboração excessivamente onerosa. Aliás, o modo de gestão desses grupos poderá servir de modelo para outras formas de cooperação internacional, num mundo onde as fronteiras físicas, econômicas e culturais são cada vez mais tênues.

Outro aspecto desses projetos futuros também determinado por sua escala é a in-

teração entre ciência e indústria. A produção de dezenas de quilômetros de magnetos supercondutores, a eletrônica necessária para gerenciar milhões de canais de tomadas de dados, a capacidade computacional exigida para levar a termo os experimentos, tudo isto requer uma intensa participação da indústria, desde o estágio do desenvolvimento dos projetos. Nas conferências relacionadas ao SSC e ao LHC, são comuns as sessões dedicadas exclusivamente à interação da comunidade científica com a indústria. Para nós, no Brasil, onde essa interação é bastante débil, o exemplo das comunidades de outros países será certamente benéfico, bem como a possibilidade de colaborarmos com projetos internacionais será estimulante para o esforço de modernização do nosso parque industrial.

ISTO SERVE PARA QUÊ?

A pergunta é freqüente: “Bem, é muito bonito desvendar as interações fundamentais da matéria, mas isso tem alguma aplicação prática?” A resposta é: não! O conhecimento que ganhamos sobre a natureza da natureza não tem aplicação alguma, pelo menos num futuro próximo. De certo modo, esses gigantes aceleradores são análogos às catedrais da Idade Média: não têm finalidade prática. O entendimento da natureza que alcançamos com esses gigantes experimentos, assim como os conhecimentos astronômicos, atendem a um elemento básico da psiquê humana: a curiosidade. É o desejo de encontrar respostas a questões que os gregos antigos já formulavam, de desvendar a ordem e a harmo-



Reprodução de imagem criada pelo programa gráfico do DELPHI, mostrando evento típico do decaimento da partícula Z^0 — produzida, assim como outras partículas, na colisão de elétrons e pósitrons no LEP.

nia da natureza, de descobrir a conexão entre os fenômenos microscópicos e os cosmológicos, de encontrar nada menos que o porquê do universo. A velha curiosidade, tão antiga quanto o homem, que tem sido o motor da história.

Mas os políticos são em geral seres pragmáticos, e os investimentos em física de altas energias são feitos porque proporcionam de fato, pelo menos nos países desenvolvidos, dividendos econômicos e sociais que os justificam. O aspecto principal é o impacto tecnológico dessa atividade, que pode ser analisada nos termos dos seguintes itens:

Motivação definida — Os experimentos em física de altas energias exigem o estudo de escalas de espaço e tempo cada vez menores, forçando assim os limites da tecnologia disponível. Os instrumentos para essa investigação não existem no mercado, têm de ser desenvolvidos. Essa motivação, com metas definidas e cronogramas, impulsiona e orienta o avanço tecnológico. O desenvolvimento de instrumentos de detecção e de computadores com CPU's de grande capacidade são meios para atingir fins precisos. É interessante comparar esse modo de operar com uma prática freqüente no Brasil: o apoio a programas de desenvolvimento com base em palavras-chave. Ocorrem-me os exemplos da computação gráfica ou da computação paralela, duas áreas de apoio recente que, pela falta de objetivos claros, ficam soltas no ar. A motivação advinda da física de altas energias norteia o desenvolvimento tecnológico, e por isso essa área é tão eficiente na coordenação do esforço de cientistas tão díspares.

Cooperação internacional — A física de altas energias é basicamente uma empreitada internacional. Nenhum grupo isolado, seja americano, soviético ou japonês, pode praticar essa ciência por si só. Há várias razões para isso: o *know-how* e a tecnologia necessários à construção de um detector estão dispersos entre vários grupos de países diferentes, e o volume de investimentos, não só em recursos financeiros como em capital humano, impede um único país de montar e gerenciar um desses experimentos. Para se ter uma idéia do capital humano necessário, só o DELPHI envolve um número de físicos igual a cerca da metade dos PhD's brasileiros em atividade em todas as áreas da física.

Escala industrial — Os experimentos em física de altas energias freqüentemente envolvem o desenvolvimento de protótipos que depois serão produzidos em grande número, dado o tamanho do detector. Como os laboratórios de pesquisa são notoriamente incapazes de produzir componentes em escala industrial (aliás, nem é esse o seu papel), torna-se necessário recorrer à indústria, o que dá lugar a uma interação efeti-

va e saudável entre esta e a ciência. Dois estudos independentes mostram que as indústrias que colaboram com o CERN auferem, da comercialização de produtos produzidos em associação com esse laboratório, um lucro três vezes maior que o valor das encomendas que deram origem à fabricação de tais produtos. Trata-se de uma interação cujo efeito é multiplicador, pois em geral está associada a produtos de alta tecnologia, às indústrias de instrumentação, de componentes eletrônicos e de computação, e as novas linhas de produtos induzidas promovem um maior nível de eficiência e controle na qualidade da produção geral da indústria.

Fator tempo — Em ciência básica, não só a competição é um poderoso impulsor do progresso como, muitas vezes, ser o segundo a fazer uma descoberta é o mesmo que nada: só se inventa a roda uma vez! Isto significa que o fator tempo é sempre crucial. Todo experimento deve ter um cronograma bem estabelecido, exigindo muito dos programas de desenvolvimento tecnológico associados.

Robustez e confiabilidade — Os grandes detectores usados na física de altas energias têm uma vida útil bastante longa, muitas vezes de mais de uma década. Por outro lado, com freqüência, quando o experimento está em operação, os detectores ficam inacessíveis por várias semanas, o que significa que panes eventuais em componentes os deixarão mudos. Além disto, os equipamentos muitas vezes trabalham em ambientes hostis, sujeitos a altas doses de radiação. Os componentes dos detectores devem, pois, ser robustos e confiáveis, e para isso são rigorosamente testados antes de entrar em operação.

Formação de pessoal — Esse é um fator muitas vezes negligenciado quando se analisa a importância desses experimentos.

Num laboratório de física de altas energias, um estudante de doutorado é tratado como um profissional, com uma contribuição efetiva a dar. É forçado a assumir responsabilidades e a tomar decisões que afetam seus colaboradores imediatos, sem contudo estar abandonado: participa de uma colaboração e tem rápido acesso à ajuda. O resultado é que, com freqüência, mostra um amadurecimento muito rápido. A formação de um físico de altas energias é eclética: além da física das partículas, deve ter conhecimentos de eletrônica, de computação e de mecânica, os quais, pelo menos nos países avançados, são muito úteis à indústria. As universidades dos EUA e da Europa não têm como absorver todos os que concluem o doutorado nessa área, mas com freqüência eles são contratados pela indústria, com excelentes salários; não por terem conhecimentos específicos — sua virtude é o *know-how* na solução de problemas. Embora não sejam especialistas na tecnologia *a* ou *b*, inclusive porque as tecnologias mudam muito rapidamente, têm competência para se adaptar a novas tecnologias para a solução de problemas específicos, qualidade hoje muito valiosa para o setor produtivo.

HÁ ESPAÇO PARA O BRASIL?

A participação brasileira no desenvolvimento da física de altas energias começou já nos anos 40, tendo se destacado em especial a participação de Cesar Lattes na descoberta do pión em raios cósmicos e, posteriormente, na sua produção em aceleradores. Até metade dos anos 80, porém, físicos brasileiros participaram de experimentos em grandes laboratórios de forma isolada, ou em pequenos grupos.

O salto qualitativo nessa área é bastante

recente, datando da formação de um grupo de físicos teóricos que passou um longo período no Fermilab para retreinamento em física experimental. Esse programa, iniciado pelo professor Leon Lederman, prêmio Nobel de física em 1988, e na época diretor do Fermilab, está na raiz da criação do laboratório Lafex/CBPF, hoje em franca expansão e de dimensões comparáveis aos seus congêneres de universidades dos EUA e da Europa.

Mais recentemente, outro grupo de físicos brasileiros, ligados à PUC/RJ e ao CBPF, do qual faço parte, juntou-se à colaboração DELPHI, no CERN, devendo chegar a cerca de 15 pessoas até 1992. Além dos dois grupos mencionados, há ainda outros no Brasil, ligados à Universidade de São Paulo, à Universidade Federal do Rio de Janeiro, à Universidade Estadual de Campinas e à Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

É interessante notar que as atividades do grupo Lafex/CBPF no Fermilab já tiveram, como efeito secundário, um impacto tecnológico importante no Brasil. Lá, o grupo trabalhou no desenvolvimento do *Advanced Computer Program* (ACP), um multiprocessador paralelo especial, destinado a aumentar a eficiência na tomada e análise de dados experimentais, inclusive em termos de custos.

Em 1987, trouxeram as primeiras unidades de processamento, ou 'nós', desse computador e instalaram-no no laboratório. Desde então, não só a máquina vem cumprindo sua função sem problemas como vários grupos desvinculados da física de altas energias também a têm utilizado com sucesso: várias teses já se tornaram possíveis graças a essa colaboração. O grupo continua envolvido no projeto e já produziu uma segunda geração, o ACP II, do qual 21 'nós' já operam no Lafex, com capacidade igual ou maior que a de supercomputadores e a um custo acessível a um pequeno laboratório.

Se houver interesse da indústria brasileira, esse projeto pode ser desenvolvido e gerar uma máquina comercial competitiva no mercado internacional. Curiosamente, o grupo não tem nenhum interesse em processamento paralelo *per se*: o que pretende é facilitar e acelerar a análise dos dados de seus experimentos.

Um dos projetos do grupo brasileiro no DELPHI pretende usar uma granja (*farm*) de nós do ACP II para fazer o primeiro processamento de dados brutos produzidos pelo detector, ou seja, usar um computador brasileiro para um experimento europeu.

Outro efeito secundário da física de altas energias no Brasil é a possibilidade da construção, no país, de magnetos supercondutores para o LHC e o SSC. Como já foi dito, esses dois aceleradores serão consu-

midores vorazes desses magnetos. Ora, temos 90% das reservas conhecidas de nióbio, ingrediente essencial na fabricação de fios supercondutores, e as administrações desses laboratórios querem ter assegurado o fornecimento desse material. A administração do CERN, em particular, já se manifestou publicamente, garantindo ao Brasil a fabricação de 10% dos magnetos, se o fornecimento do metal for garantido. A produção dos magnetos, em si, não é um negócio espetacular do ponto de vista empresarial, mas junto com a fabricação vem o *know-how* para a produção de elementos supercondutores, induzindo transferência de tecnologia.

Há muito se fala em aplicações industriais de supercondutividade fria, mas os resultados têm ficado aquém das promessas. O que falta para tornar a supercondutividade economicamente viável em aplicações de grande monta é investimento em pesquisa e desenvolvimento, o que poderá ser interessante para o Brasil, dadas as suas reservas de nióbio. Só o mercado de equipamentos médicos de ressonância magnética nuclear, que requerem magnetos supercondutores, é estimado em alguns bilhões de dólares. Também podem interessar ao país aplicações como a transmissão de energia elétrica a grandes distâncias, o armazenamento de energia, trens de propulsão magnética. Empresas brasileiras interessadas em explorar essa possibilidade estiveram recentemente em contato com as administrações do CERN e do SSC, assim como com indústrias especializadas em supercondutividade nos EUA e na Europa (ver 'Fios supercondutores: processo alternativo de produção', em *Ciência Hoje* n.º 71).

Não só há espaço para o Brasil participar de forma muito mais intensa dos grandes experimentos e projetos de física de altas energias em curso, como essa participação resulta em transferência de tecnologia em várias áreas de ponta, abrindo uma porta para a participação da indústria nacional nessas atividades.

ENTÃO VOCÊS QUEREM UMA FORTUNA?

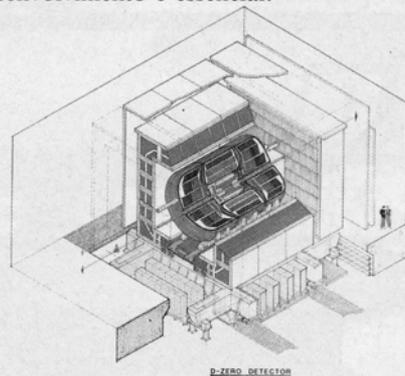
A razão primeira para o interesse do Brasil em física de altas energias é sua importância no plano do conhecimento, para nossa percepção do universo. Liga-se também à nossa necessidade de participar da construção dessas catedrais do século XX, de deixar um legado às gerações futuras.

Mas há outro lado: o progresso tecnológico, a formação de pessoal altamente capaz num processo de evolução tecnológica rápida, além do papel irrigador da interação entre ciência e indústria.

Uma questão levantada com frequência

é a do custo desses projetos. Os aceleradores têm, é claro, custos muito altos, da ordem de bilhões de dólares, mas quem arca com eles são os EUA, nos projetos americanos, e os países europeus, no caso do CERN. Por outro lado, qualquer grupo com um bom projeto científico tem acesso a esses laboratórios. O custo dessa atividade, em termos de investimento por pesquisador, para um grupo de pesquisa típico, em países avançados, não é maior que em outras áreas da física. A diferença é que, no caso brasileiro, na área da física de altas energias parte do investimento é feita em equipamentos que ficam em outros países. Metade dos custos do DELPHI, por exemplo, foi financiada pelo CERN e o restante rateado pelas instituições participantes, basicamente segundo o tamanho do grupo, e certamente teremos de pagar nossa cota dos custos dos projetos a que nos associarmos.

Se nos projetos de física de altas energias o custo por pesquisador no Brasil é o mesmo que em outras áreas da física, há uma exigência que os diferencia: o cronograma do desembolso é rigoroso, a alocação de recursos deve ser regular, sem os atrasos que tantas vezes infernizam a vida dos pesquisadores brasileiros. Os compromissos no âmbito da colaboração devem ser honrados, pois deles depende a credibilidade do grupo e é esta que permite trazer para o país projetos de interesse. Para isso, o apoio sólido das agências de pesquisa e desenvolvimento é essencial.



D-ZERO, detector instalado no anel de colisão de prótons e antiprótons do Fermilab (EUA). Uma equipe de cientistas brasileiros, ligados ao Lafex/CBPF e à UERJ, participa de experimentos nesse laboratório.

SUGESTÕES PARA LEITURA

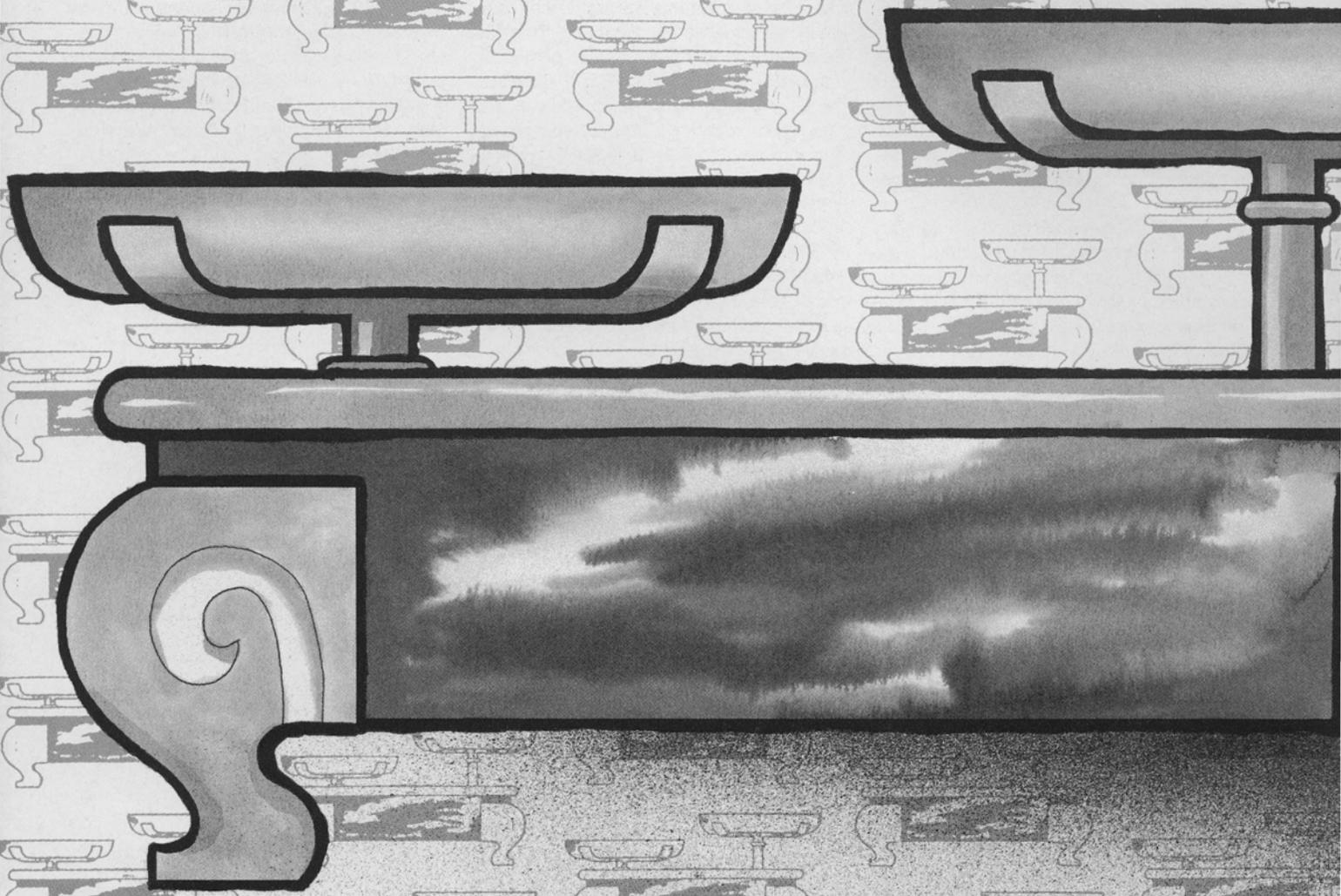
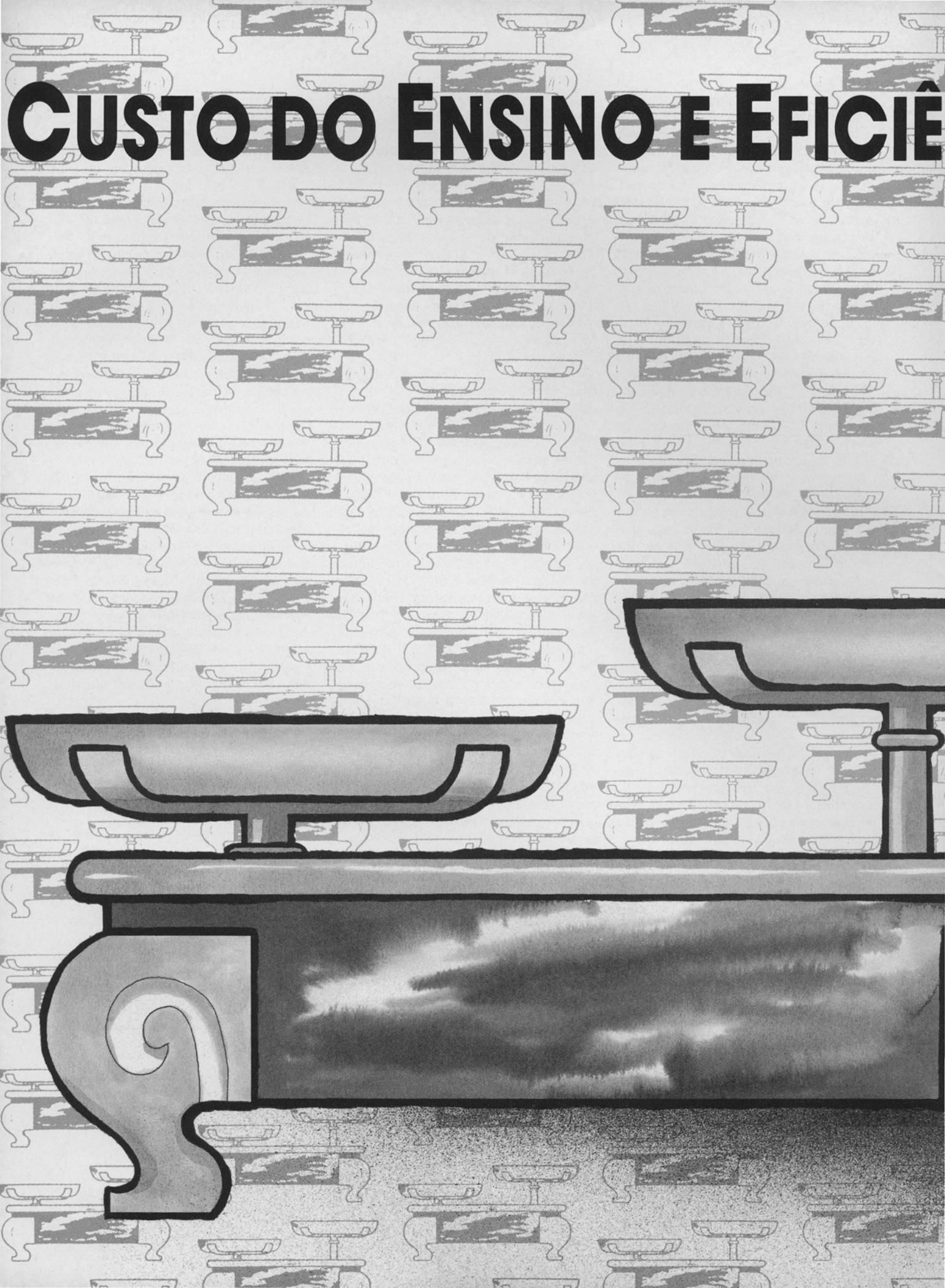
SEGRE E., *Dos raios X aos quarks*, Editora Universidade de Brasília, 1987.

CLOSE J., MARTEU M. & SUTTON C., *The particle explosion*, Oxford University Press, 1987.

PAIS A., *Inwards bound*, Oxford University Press, 1986.

EDIÇÃO DE TEXTO MARIA LUIZA X. DE A. BORGES

CUSTO DO ENSINO E EFICIÊN



NCIA DAS UNIVERSIDADES

Estudos sobre a eficiência das instituições de ensino superior do país têm colocado as universidades federais em posição desfavorável em relação às estaduais, particulares e estrangeiras. Tais análises, porém, baseiam-se em indicadores de produtividade inadequados, que permitem apenas uma avaliação superficial da realidade das diferentes instituições, ignorando os resultados qualitativos do trabalho acadêmico. Análises feitas com base nos mesmos indicadores — agora construídos de modo mais criterioso — permitem conclusões diferentes e mais verdadeiras.

FRANCISCO GAETANI
JACQUES SCHWARTZMAN

Pró-Reitoria de Planejamento,
Universidade Federal de
Minas Gerais

Os debates em torno de indicadores que sinalizem o desempenho das universidades públicas brasileiras não constituem novidade. Diversas iniciativas surgidas nos últimos anos vêm sendo desenvolvidas, visando ao estabelecimento de uma base de investigações capaz de assegurar o aprofundamento das discussões sobre o tema.

A produção de trabalhos nesta área — pelo Ministério da Educação (MEC), através da Secretaria Nacional de Ensino Superior (Senesu) e do Instituto Nacional de Estudos Educacionais (Inep); pelo Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras (CRUB); pelo Núcleo de Pesquisas sobre Ensino Superior (Nupes) da Universidade de São Paulo — reflete esse esforço de elaboração.

Nessas abordagens, há consenso de que a constituição de uma base de informações confiável é condição importante para que as próprias universidades, o governo federal e a sociedade brasileira possam refletir, com base na realidade, sobre o papel que cabe às instituições federais de ensino superior (IFES) no desenvolvimento do país. A definição de políticas públicas, a negociação de recursos e o estabelecimento de diretrizes e prioridades não podem prescindir de uma base consensual de dados que subsidie e instrumentalize os agentes decisórios envolvidos no processo.

A maior parte dos trabalhos que tratam da produção de indicadores de produtividade das IFES coloca essas instituições em posição desfavorável em relação às universidades estaduais, particulares e estrangeiras. Tais resultados têm sido repassados à imprensa — um exemplo disso é a matéria publicada pela revista *Veja* em 8 de maio último, que cita dados discutíveis e confunde orçamento global com orçamento de ensino ao afirmar que “nas universidades públicas brasileiras estudam os alunos mais caros do mundo (oito mil dólares para que cada um deles assista a aulas)...”. Os mesmos resultados passaram a fazer parte tam-

bém do entendimento do governo federal, que recentemente pressionou as universidades federais a que procurassem elevar sua produtividade através de cortes de pessoal e/ou aumento do número de vagas.

Este artigo procura mostrar que as IFES constituem um conjunto muito heterogêneo e que o tratamento de seus indicadores de forma agrupada pode conduzir a resultados equivocados. Para um conjunto importante das IFES, esses indicadores, desde que adequadamente definidos, não diferem de modo significativo dos de outras universidades, usualmente utilizados para fins de comparação.

Em decorrência da dificuldade de se trabalhar com os resultados das atividades universitárias, parte-se para a análise de indicadores de produtividade de mais fácil elaboração e de maior capacidade de comparabilidade com instituições nacionais e estrangeiras de diferentes naturezas. Esta base comum de comparação é constituída de elementos existentes em todas as universidades, tais como número de alunos, orçamento, corpo docente e quadro técnico-administrativo.

A substituição da análise de resultados (qualidade do profissional formado, por exemplo) por indicadores de produtividade (custo por aluno, por exemplo) pressupõe implicitamente uma correlação entre os dois tipos de variáveis que nem sempre pode ser assegurada. Assim sendo, costuma-se trabalhar (e tomar decisões) com base em indicadores de produtividade extremamente agrupados, que não permitem uma abordagem mais do que superficial da realidade das diferentes instituições de ensino superior.

Buscamos, portanto, qualificar as relações de eficiência ou produtividade mais amplamente utilizadas na construção dos seguintes indicadores: alunos/docente, alunos/técnico-administrativo e gasto por aluno. A intenção é refletir sobre as limitações e alcances de tais relações, para que possam ser utilizadas de forma crítica.

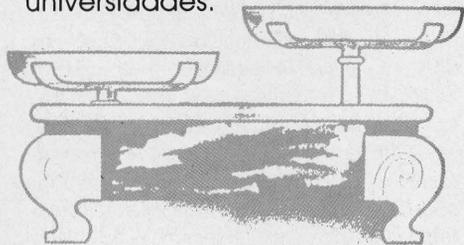
POPULAÇÃO UNIVERSITÁRIA

As universidades são instituições intensivas em recursos humanos. Os insumos, os produtos, a administração e a alimentação do sistema são, fundamentalmente, constituídos por pessoas. Os três subgrupos que constituem a população universitária são os alunos, os docentes e os funcionários técnico-administrativos.

O conjunto dos alunos matriculados nas IFES pode abranger estudantes de primeiro e segundo grau, graduação, pós-graduação, especialização, extensão e disciplinas isoladas. Trata-se de um grupo heterogêneo, cuja quantificação requer cuidados de modo a permitir dimensionamentos realistas. Em geral são destacados deste total apenas os alunos de graduação e pós-graduação. O indicador geralmente empregado, com vistas à construção de uma base uniforme de comparação, é o aluno-equivalente.

Esse indicador é determinado da seguinte forma: (a) apura-se o conjunto dos alunos de graduação e pós-graduação regularmente matriculados, (b) calcula-se o total de horas semanais das disciplinas cursadas por esses alunos e (c) multiplica-se o primeiro resultado pelo segundo, dividindo-se o produto por um número arbitrado como o total de horas-aula semanais do aluno padrão.

Embora mais adequado que alguns indicadores utilizados, o conceito de aluno-equivalente apresenta alguns problemas, pois trata da mesma forma alunos de graduação e pós-graduação e ignora a atividade de extensão, intensa e relevante em algumas universidades.



Embora mais adequado que alguns indicadores hoje utilizados, o conceito de aluno-equivalente ainda apresenta alguns problemas: (1) trata da mesma forma alunos de graduação e pós-graduação, o que é um artifício aceitável no esforço de ho-

mogeneização de uma unidade padrão de estudante, mas não traduz adequadamente a realidade. Alunos de mestrado e doutorado não são iguais aos de graduação. São níveis distintos de aprendizado, com características bastante diferentes (profundidade, especialização, custos, dimensão da turma etc.); (2) em algumas universidades é intensa e relevante a atividade de extensão, tornando necessário encontrar uma forma de incluir os participantes dessa atividade no total de alunos da instituição.

O corpo docente das universidades federais também é formado por um conjunto de professores, que lecionam na graduação, pós-graduação, extensão e nos colégios de primeiro e segundo graus.

Esse conjunto deve ser qualificado em termos do regime de trabalho e da titulação dos docentes. Universidades com o mesmo número de professores e com a mesma razão alunos/docente não são necessariamente comparáveis. Conforme o perfil do corpo docente, diferenciações como capacidade de desenvolvimento de pesquisa, qualidade do ensino ministrado e assistência ao aluno ocorrem, mas não são captáveis por indicadores agregados e genéricos.

O terceiro grupo constituinte da comunidade acadêmica é formado por técnicos-administrativos, cujas categorias funcionais são agrupadas em três blocos: nível superior, nível médio e nível de apoio. São geralmente computados em termos de números absolutos, sem nenhum tratamento especial. Um particular problema na abordagem desse grupo reside no tratamento igual dispensado aos funcionários que são técnicos e àqueles que são administrativos. Na verdade são subgrupos diferentes, um vinculado às atividades-fim e outro vinculado às atividades-meio da universidade, e devem ser considerados com base em pesos diferenciados, ou tratados separadamente.

Existe um quarto conjunto de elementos pertencentes à população universitária que não é captado pelas estatísticas oficiais, mas pode possuir peso considerável conforme a instituição analisada. Esse conjunto inclui os funcionários de organizações vinculadas às IFES, como as fundações, e os trabalhadores que atuam na área de prestação de serviços, através de empresas especializadas, como vigilantes, atendentes etc. Os indicadores constituídos de forma tradicional podem estar distorcidos, dependendo da magnitude desse contingente. Em alguns casos, este é o caminho que as universidades encontram para lidar com restrições relacionadas à contratação de pessoal, embora os recursos gastos desta forma não façam parte da folha de pagamento, custeada integralmente pelo governo federal.

RAZÃO ALUNOS/DOCENTE

A proporção alunos/docente, ou seja, o número de estudantes para cada professor, é um dos indicadores mais utilizados na discussão relativa ao desempenho das IFES. Os dados divulgados pela imprensa não especializada são apresentados de forma hierarquizada e os comentários superficiais induzem o leitor a interpretar altas razões alunos/docente como sinônimo de eficiência e/ou produtividade. Uma instituição com uma relação alunos/docente em torno de 12 estaria, segundo esta premissa, aproveitando melhor os recursos humanos de que dispõe do que outro estabelecimento de ensino superior com uma razão da ordem de seis.

Usar o total de alunos no numerador da razão alunos/docente gera valores maiores para universidades voltadas para a graduação, em relação às que desenvolvem intensa atividade de pesquisa e pós-graduação, pois as turmas de mestrado e doutorado são menores que as de graduação.

Nesse sentido, vale discutir a agregação de alunos de graduação e pós-graduação no numerador da razão.

A limitação de considerá-los conjuntamente reside no fato de que as turmas de mestrado e doutorado são menores que as de graduação. O tempo (hora-aula) do professor é o mesmo, embora o número de alunos 'atendidos' seja substancialmente menor na pós-graduação. Portanto, a utilização do número total de alunos no numerador da razão tende a gerar valores maiores para as IFES voltadas fundamentalmente para o ensino de graduação, enquanto as universidades que desenvolvem intensas atividades nos campos da pesquisa e pós-graduação apresentariam relações menores.

Assim sendo, mesmo a utilização da categoria aluno-equivalente apresenta distorções provocadas pela excessiva agregação das informações. Em termos ideais, seria desejável apurar o número de horas efetivamente utilizadas pelo docente para o ensino de graduação, pós-graduação, pesquisa, extensão e administração, destacando-se para o numerador apenas as horas efetivamente dedicadas a cada uma dessas atividades.

Ainda assim há outras diferenciações a serem consideradas e contextualizadas. A natureza do ensino nas áreas das ciências humanas, sociais, exatas, da terra, biomédicas e das artes é distinta. Existem cursos com intensa carga horária prática (como por exemplo medicina, veterinária e odontologia), nos quais os alunos precisam de um acompanhamento mais intensivo por parte do professor. Já em áreas como direito, administração e sociologia praticamente não existem turmas práticas. E há casos, como música, enfermagem e terapia ocupacional, em que as aulas chegam a ser quase 'particulares'. Dependendo do conjunto dos cursos oferecidos, o indicador médio de uma instituição será mais alto ou mais baixo, mesmo que sejam de porte aproximadamente semelhante.

Uma comparação mais efetiva da relação alunos/docente deveria levar em consideração cursos de uma mesma área em diferentes IFES do Brasil e mesmo do exterior.

RAZÃO ALUNOS/TÉCNICO-ADMINISTRATIVO

Além das questões relacionadas ao numerador, os principais problemas existentes no emprego desta razão situam-se na necessidade de uma melhor qualificação do denominador.

Cada universidade possui uma realidade própria, construída a partir de sua trajetória histórica, e apresenta uma determinada combinação de características. O número de funcionários oculta, na verdade, uma grande diversidade de situações, presentes em maior ou menor escala em IFES de diferentes perfis. A seguir tecemos algumas considerações sobre alguns pontos importantes a serem considerados na análise dessa relação.

(1) Informatização — o processo de informatização constitui-se importante indicador do grau de modernização da universidade. Trata-se de um processo poupador de mão-de-obra, que altera a estrutura de pessoal da instituição, na medida em que utiliza mais intensivamente um conjunto menor, porém mais qualificado, de servidores. Nesse caso, uma instituição mais informatizada apresenta uma relação alunos/técnico-administrativo mais alta, porém com um gasto por aluno não necessariamente mais baixo.

(2) Obras — enquanto algumas universidades estão consolidadas, do ponto de vista físico, outras desenvolvem significativos programas de investimentos visando a construir e/ou ampliar instalações, *campi* etc. A mão-de-obra contratada com esta finalidade deve ser considerada à parte, por tratar-se de atividade temporária.

(3) Hospital — hospitais universitários empregam um expressivo contingente de servidores, embora parte seja pago com recursos das próprias universidades. Análises comparativas devem, sempre que possível, considerá-los em separado, por constituírem realidades próprias, embora com intensas interações com as universidades.

(4) Restaurantes e outras atividades comunitárias — as universidades mantêm, em diferentes graus, restaurantes que atendem alunos, docentes e funcionários, assim como centros esportivos, creches e outras atividades afins. Os funcionários ligados a estas atividades também deveriam ser tratados separadamente.

(5) Fundações — embora sejam juridicamente autônomas em relação às universidades, as fundações contam, em determinados casos, com funcionários daquelas para desempenharem suas atividades. Existe também a situação oposta, em que as fundações contratam expressivo número de servidores para a universidade. Assim, grandes fundações podem alterar significativamente o real quadro funcional de uma IFES.

(6) Docentes-Administradores — a parcela da carga horária despendida em atividades administrativas precisa ser quantificada. O contingente maior ou menor de professores alocados em atividades de administração, notadamente nos níveis decisórios, não é computado como parte do corpo técnico-administrativo, mas deve ser considerado como tal, o que altera os indicadores.

GASTOS POR ALUNO

O gasto por aluno das IFES é geralmente calculado considerando-se apenas os recursos do Tesouro repassados pelo MEC e alguns outros extraordinários, como os da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (Capes) e do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Estes últimos, no entanto, representaram apenas 3,13% do orçamento executado pelas IFES em 1988. Por conta de sua aleatória distribuição no tempo e entre as IFES, sua utilização tem sido descartada nessas análises.

Ao considerarmos apenas os recursos orçamentários, estaremos incorrendo em alguma subestimação. Muitas IFES geram recursos próprios, seja diretamente pela prestação de serviços, seja através de aplicações financeiras que se avultam em períodos inflacionários, seja indiretamente, através das suas fundações. A maior parte desses recursos é utilizada para gastos de custeio e de capital, suprimindo as deficiências do orçamento do Tesouro.

Para calcular o gasto efetivo com o ensino, devem ser excluídos, do orçamento do Tesouro, os investimentos em área física e os gastos com pensionistas e inativos, com hospitais e restaurantes universitários, com atividades de pesquisa e com moradias universitárias.

Por outro lado, para se calcular o gasto efetivo com o ensino, devem ser efetuadas algumas exclusões do orçamento do Tesouro.

(1) Gastos com pensionistas e inativos — são despesas referentes a compromissos previdenciários que não possuem tradução em termos de produtos e serviços no presente. Esta rubrica pode significar algo em torno de 17,0% das despesas realizadas com pessoal, no orçamento das IFES autárquicas mais antigas, enquanto está ausente nas fundações universitárias e nas universidades estrangeiras.

(2) Investimentos em área física — a construção dos *campi* universitários ou de unidades isoladas pode ser significativa em algumas universidades, mas tais gastos não podem ser utilizados para efeito de comparação, por não representarem dispêndios regulares de custeio.

(3) Hospitais universitários — o alto custo destas unidades, que em muitos casos oferecem atendimento ao público em geral (não sendo utilizadas somente como unidades de ensino), pode provocar graves distorções quando incluído no cálculo do custo por aluno. Na UFMG, os gastos com pessoal do hospital universitário representaram 10,4% da folha de pagamento em 1990.

Diante de tantas ressalvas e da enorme complexidade das atividades de diferentes IFES, o caminho é abandonar o orçamento do Tesouro como único indicador do custo total. A solução estaria na construção de um orçamento de ensino que incluísse todas as despesas correntes (originárias dos recursos do Tesouro e próprios), depois de excluídas aquelas destinadas à pesquisa e aos serviços públicos, aos restaurantes, às moradias universitárias e aos hospitais. Para tanto seria necessária a existência em cada IFES de um adequado sistema de apropriação de custos que distinguísse aquela parcela de custos efetivamente despendida no ensino de graduação e pós-graduação.

Esta é uma empreitada ainda incipiente em nosso sistema educacional, mas que deve ser perseguida pelas possibilidades que

tem de iluminar questões ainda obscuras. A Universidade Federal do Ceará (UFC) desenvolveu um sistema de apropriação de custos com base nos dados do sistema de pessoal, do sistema de controle central acadêmico e da comissão permanente de pessoal docente. Através da identificação de centros de custos e da definição de critérios de rateio com base no custo direto, foram calculados para 1988 os custos médios por aluno de cursos, unidades e de toda a UFC. Assim, por exemplo, um aluno de medicina custava 11.402 dólares por ano e um aluno de direito 1.877 dólares. Para o conjunto da UFC o custo médio (ponderado) de um aluno em 1988 foi de 4.407 dólares.

Um eficiente sistema de apropriação de custos nos levará a fazer as comparações que são realmente relevantes. Assim, ao invés de compararmos custos de diferentes IFES, passaremos a confrontar custos por aluno de um mesmo curso em diferentes IFES, custo do ensino de graduação, custo de ensino de pós-graduação, custo da elaboração de uma tese de mestrado ou de um artigo publicado e assim por diante.

UM UNIVERSO HETEROGÊNEO

Está subordinado ao Ministério da Educação um conjunto de 50 IFES em todo o Brasil. Este número abrange universidades autárquicas e fundacionais, escolas isoladas e escolas técnicas. Trata-se de um universo heterogêneo, embora, do ponto de vista estritamente formal (por exemplo: rubrica orçamentária), elas constituam unidades administrativas de igual nível.

Nesse contexto, tem sido generalizado o recurso a indicadores agrupados para efeito de comparações e de planejamento. Este processo de simplificação ignora, no entanto, diferenciações das variáveis utilizadas no cálculo de indicadores, como aqueles analisados anteriormente.

A partir dessa constatação construímos dois grupos, formados por universidades públicas, com o objetivo de demonstrar a inadequação dos indicadores agrupados para comparação de medidas de produtividade. Cada grupo é constituído por universidades com um diferente conjunto de características comuns, visando a produzir um contraste entre ambos. Pretende-se dessa

forma superar a dispersão das situações, que poderia resultar no comprometimento da análise.

Estabelecidos os dois grupos, realizamos a seguir comentários sobre os indicadores de produtividade (alunos/docente; alunos/funcionário e gasto por aluno) dos dois grupos, que são apresentados na figura 1.

O primeiro grupo, de seis IFES, é constituído por universidades autárquicas, mais complexas e mais antigas. O segundo grupo, com cinco IFES, é composto por universidades mais simples, criadas mais recentemente sob a forma de fundações. Os grupos apresentam quatro distinções relevantes a serem consideradas.

(1) A expressiva participação de inativos e pensionistas na sua folha de pagamentos — os recursos gastos com esse contingente de pessoal, repassados pelo Tesouro nacional, fazem parte dos gastos com a folha de pagamento (em média 92% dos recursos orçamentários repassados) das universidades autárquicas do primeiro grupo, que possuem em seus quadros docentes e servidores estatutários. Segundo estudo elaborado por Elisa Wolyne e Jean-Jacques

FIGURA 1

INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DE IFES SELECIONADAS - 1988(a)

INDICADORES	ALUNO/ DOC.	ALUNO/ FUNC.	ORÇAMENTO GLOBAL/ALUNO		ORÇAMENTO DE ENSINO/ALUNO		I ^o CD(b)	N ^o DE ORDEM CLASSIFICAÇÃO	% DOCENTES COM DOUTORADO
IFES	(1)	(2)	US\$ OF. (3)	US\$ PAR. (4)	US\$ OF. (5)	US\$ PAR. (6)	(7)	(8)	(9)
GRUPO I									
UFRJ(c)	9,9	4,6	7.055	4.154	3.290	1.937	316	7 ^o	35
UFMG	6,5	4,0	8.508	5.010	3.968	2.337	266	12 ^o	19
UFF	8,1	4,2	6.481	3.816	3.023	1.780	264	13 ^o	16
UFPE	8,3	4,6	7.209	4.245	3.362	1.980	271	11 ^o	21
UFPR	7,9	6,0	6.152	3.623	2.869	1.690	263	15 ^o	17
UFPB	7,2	3,7	6.943	4.088	3.238	1.907	221	24 ^o	12
MÉDIA	8,0	4,5	7.058	4.156	3.292	1.938			
GRUPO II									
FUF/RO	12,5	11,9	2.761	1.626	1.767	1.041	117	42 ^o	—
FUF/PE	8,3	8,3	4.562	2.686	2.920	1.719	197	32 ^o	02
FESJDR	13,2	12,8	2.604	1.533	1.666	981	146	40 ^o	02
FUA(d)	13,6	7,8	3.649	2.149	1.934	1.139	226	21 ^o	07
FUM(e)	8,7	7,2	4.614	2.717	2.953	1.739	171	37 ^o	04
MÉDIA	11,3	9,6	3.638	2.142	2.248	1.324			

NOTAS EXPLICATIVAS: (1) Relação alunos/docente. (2) Relação alunos/funcionário. (3/4) Orçamento repassado pelo Tesouro Nacional. (5/6) Orçamento Ensino estimado em 53% e 64% do Orçamento Global repassado pelo Tesouro (exclusive gastos com inativos e pensionistas nas universidades autárquicas estimados em 12%) das IFES que respectivamente possuem ou não hospital. (7) O índice de qualificação do corpo docente é calculado através da fórmula $I^{o}CD = 100 \times [(5 \times n^{\circ} \text{ doutores}) + (3 \times n^{\circ} \text{ mestres}) + (2 \times n^{\circ} \text{ especialistas}) + (1 \times n^{\circ} \text{ graduados})] / \text{total dos docentes das IFES}$. (8) Classificação dos I^oCD das IFES analisados no conjunto das universidades públicas. (9) Percentual do corpo docente formado por doutores.

FONTES: (a) — 'Boletim de dados físicos e orçamentários' — IES Federais - MEC/Senese/DPA — abril/1989. (b) — 'A isonomia no contexto da política de recursos humanos das IFES' — Brasília, 1984 — MEC/SESU/Coordenadoria de Apoio às Instituições de Ensino Superior. (c) — 'Universidade em números' — UFRJ — abril de 1989 (os dados sobre o número de alunos da UFRJ apresentam grande divergência. Em 1988, o Boletim do MEC apontou 28.496 alunos, em 1989 apontou 36.952 alunos, e o documento 'Isonomia...' mencionado anteriormente registrou 24.291 alunos para o 2^o semestre de 1989). (d) — 'Boletim estatístico n^o 11' — Universidade do Amazonas — 1988. (e) — 'BIB — Boletim de informações básicas' — Fundação Universidade do Maranhão — abril 1988. (f) — Wolyne E. & Paul J.J. — *op. cit.*

OBSERVAÇÃO: O grupo I é constituído pelas universidades autárquicas: Rio de Janeiro, Minas Gerais, Fluminense, Pernambuco, Paraná e Paraíba. O grupo II é constituído pelas fundações universitárias de Rondônia, Piauí, São João Del Rei, Amazonas e Maranhão.

FIGURA 2

INDICADORES ACADÊMICOS E GASTOS POR ALUNO

	ALUNOS/ DOCENTE	ALUNOS/ FUNCIONÁRIO	ORÇAMENTO GLOBAL/ALUNO		ORÇAMENTO DE ENSINO/ALUNO	
			US\$ OFIC.	US\$ PAR.	US\$ OFIC.	US\$ PAR.
Média do Grupo I	8,0	4,5	7.058	4.156	3.292	1.938
Média do Grupo II	11,3	9,6	3.638	2.142	2.248	1.324
USP (a)	9,8	3,7	5.189	3.056	3.328	1.960
Média das nacionais (EUA)					4.428	4.428
University of Berkeley	4,4 (5,6)*	5,3				

FONTES: (a) O número de alunos e o orçamento da USP, assim como os parâmetros para cálculo do Orçamento de Ensino foram retirados de 'O Custo do Ensino Superior nas Instituições Federais' — Wolyne E. & Paul J. J., *op. cit.* (b) A University of California possui 31.000 estudantes, 2.100 *teaching faculty* e 3.500 *students assistants*, além de 1.500 *researchers and academic support* — Prospecto de Divulgação University of California — 1986.

*O n° resultante aumentará de 4,4 para 5,6 caso os *researchers and academic support* não sejam considerados como docentes.

Paul, 12% do orçamento total repassado pelo Tesouro estadual à USP, em 1988, destinou-se a essa finalidade.

(2) A elevada qualificação do pessoal docente — na figura 1 (coluna 9) encontram-se dados referentes ao percentual de docentes doutorados nos dois conjuntos de universidades focalizados. A existência de um corpo docente com titulação expressiva exige mais recursos no pagamento de gratificações sobre salários mais altos (os doutores recebem aproximadamente 25% a mais sobre o salário-base). As colunas 7 e 8, relativas ao índice de qualificação do corpo docente, revelam a posição das universidades selecionadas no *ranking* das IFES.

(3) O desenvolvimento de intensa atividade de pesquisa e de pós-graduação — o volume de atividades desenvolvidas nos campos de pós-graduação e pesquisa nas universidades dos dois grupos é bastante diferenciada. A existência no grupo I de um número elevado de doutores e de cursos de pós-graduação indica a maior probabilidade de que nele também seja intensa a atividade de pesquisa.

(4) A existência de hospitais universitários de porte — os hospitais universitários prestam relevantes serviços à universidade e à sociedade em geral. São instituições que, apesar de possuírem recursos próprios, dependem das universidades, especialmente no que diz respeito a pessoal. Wolyne arbitra em 11%, em média, a participação dos gastos dos hospitais universitários no orçamento executado pelas IFES, considerando-se apenas os recursos do Tesouro nacional.

Estabelecidos os dois grupos, a figura 1 apresenta os indicadores de produtividade: alunos/docente; alunos/funcionário e gasto por aluno.

Ao utilizar-se (figura 2) a Universidade de Berkeley, Califórnia (Estados Unidos), como referência, buscou-se chamar a atenção para o fato de o número de alunos por professor nas universidades brasileiras ser superior ao da universidade americana. Cid

Veloso, em artigo publicado na revista *Educação Brasileira*, aponta a relação alunos/professor em universidades como as de Columbia (10,4), Stanford (5,6), Austin (8,1) e Harvard (7,6), nos Estados Unidos, e Cambridge (7,6), na Inglaterra.

As razões alunos/docente mais baixas encontradas para as universidades estrangeiras refletem o fato de seus professores dedicarem grande parte de seu tempo à pesquisa e à pós-graduação, atendendo os alunos de forma mais individualizada.

Há que se considerar, no entanto, o conhecido fato de que nas universidades americanas os estudantes de pós-graduação são utilizados como professores na graduação. São os *teaching assistants*. Sendo assim, é equivocado utilizar somente a *teaching faculty* para efeitos da comparação com universidades brasileiras. As razões mais baixas encontradas para as universidades estrangeiras refletem o fato de seus professores dedicarem grande parte de seu tempo à pesquisa e à pós-graduação, onde atendem os alunos de forma mais individualizada.

As IFES do grupo I e as universidades estaduais paulistas posicionam-se de forma análoga em relação às universidades do grupo II. A razão alunos/docente apresenta os valores 5,7 para a Unicamp, 5,9 para a Unesp e 7,8 para a USP, de modo que a média das universidades paulistas (7,1) situou-se próxima da média do grupo I, que foi de 8,0 (para as duas primeiras, a ra-

ção foi obtida no sistema de informações sobre universidades brasileiras, do CRUB, e para a USP foi calculada com base em dados mencionados por Wolyne e Paul). O fato de as IFES do grupo II possuírem uma relação mais alta (9,8) não significa necessariamente maior eficiência, mas sim menor volume de atividades de pesquisa e pós-graduação.

O número de alunos por funcionário nas IFES do grupo I (média de 4,5) é maior do que o das universidades paulistas (3,7 na USP, 2,9 na Unesp, e 1,2 na Unicamp). Tais números são ainda assim menores que os da Universidade da Califórnia (5,3), possivelmente refletindo um menor grau de automação e de compras de serviços no mercado. No caso das IFES do grupo II, que apresentam uma razão mais alta (9,6), a explicação reside na pouca presença de funcionários técnicos em atividade de apoio ao ensino e à pesquisa e à inexistência de hospitais universitários (exceto na Universidade do Amazonas, que possui um hospital de pequeno porte).

Com relação aos gastos por aluno calculados com base no orçamento global (exclusive pensionistas e inativos) de 1988, a média do grupo I é de 7.058 dólares pelo câmbio oficial e 4.156 dólares pelo paralelo, 71% superior à média do grupo II (3.638 e 2.142 dólares). A USP, com um gasto por aluno da ordem de 5.189 dólares pelo câmbio oficial e 3.056 dólares pelo paralelo, situa-se entre os dois grupos, embora mais próxima do grupo I, das IFES mais complexas. A Unicamp e a Unesp, outras duas universidades paulistas de porte nacional, apresentam em 1989, segundo dados da CRUB, gastos por aluno de respectivamente 19.369 e 9.923 dólares, considerando-se o câmbio oficial, e de 9.413 e 4.822 dólares, pelo câmbio paralelo, valores superiores aos das IFES do grupo I.

Sob uma ótica superficial, tais dados permitiriam considerar que as universidades mais simples são também as mais eficientes na medida em que são mais baratas e

possuem maior proporção de alunos por docentes e funcionários. Na verdade, o que se está procurando demonstrar é que as IFES complexas, juntamente com as universidades estaduais paulistas, não podem ser avaliadas exclusivamente com base em indicadores agregados, pois desenvolvem intensas atividades de pesquisa e pós-graduação, mantêm hospitais universitários etc. Quando se trabalha com parâmetros mais elaborados como o orçamento de ensino/aluno (figura 2), os resultados alcançados alteram-se significativamente.

Em relação a universidades estrangeiras de melhor qualidade, o custo de nossas instituições de ensino mais complexas é significativamente mais baixo (especialmente se a comparação for feita com o dólar paralelo).

Em relação a universidades estrangeiras de melhor qualidade, o custo de nossas instituições de ensino mais complexas é significativamente mais baixo (especialmente se a comparação for feita com o dólar paralelo). Este é um resultado óbvio se compararmos, em particular, a qualidade do trabalho científico e o volume de pós-graduação nos dois grupos de instituições.

A título de ilustração, é interessante reproduzir um trecho do artigo 'Investimentos em educação', publicado pelo reitor Roberto Leal Lobo e Silva, da USP, no jornal *O Estado de S. Paulo* de 29 de dezembro de 1990: "Enquanto a USP consome entre 300 e 400 milhões de dólares para atender a 50 mil alunos, a Universidade de Harvard tem um orçamento de um bilhão de dólares anuais para os seus 17.500 alunos, com uma média de 56 mil dólares/ano por estudante." Depreende-se da citação que o gasto por aluno na USP deve situar-se entre seis e oito mil dólares, valor bastante semelhante ao das IFES complexas. Verifica-se também que, ao fazer a comparação entre orçamentos globais, o custo por aluno em Harvard é sete vezes mais elevado que o das IFES com atividades mais diversificadas.

Da mesma forma e por razões análogas, o gasto por aluno das IFES menos complexas chega a ser de 32 a 44% mais baixo que o da USP e 50% mais baixo que o de universidades americanas de boa qualidade.

CONCLUSÕES

1. Os indicadores mais amplamente utilizados para a comparação do desempenho das universidades são insuficientes e inadequados. Ao invés de avaliarem o resultado do trabalho acadêmico (qualidade do aluno formado, relevância das pesquisas produzidas etc.), tomam indicadores de produtividade (custo por aluno, relação alunos/professor etc.) que não se correlacionam necessariamente com os primeiros.

2. Na ausência da análise de resultados, cuja implementação é complexa, a construção de indicadores de produtividade deve procurar referir-se a uma mesma base de comparação, quando se busca estabelecer confrontos entre instituições de ensino. Assim, é essencial a adoção do conceito de aluno equivalente, bem como a construção de um 'orçamento de ensino' (ver colunas 5 e 6 da figura 1) pela apropriação cuidadosa dos custos de professores, funcionários e outros efetivamente alocados em cada atividade. Da mesma forma é possível construir-se um 'orçamento de pesquisa', de 'extensão' etc. O importante é que se estejam comparando atividades iguais ou pelo menos bastante semelhantes.

3. Ao construirmos dois grupos de IFES com características completamente diferentes entre si (existência de pós-graduação, hospitais, pesquisa, inativos), comprovamos que os indicadores de produtividade calculados para cada grupo são suficientemente dispersos para demonstrar a impropriedade de se tratarem as IFES como um conjunto homogêneo.

4. Ao efetuarmos as necessárias correções nos dados referentes às IFES, levando em conta a existência de inativos e hospitais universitários e deduzindo outros custos não relacionados diretamente ao ensino, chegamos a resultados que diferem dos tradicionalmente divulgados, embora sejam mais consistentes com a lógica do processo do trabalho acadêmico.

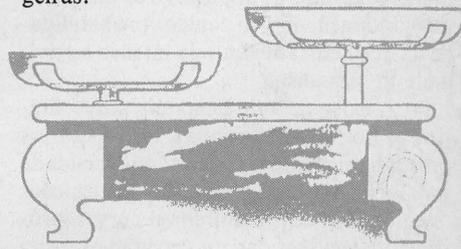
5. O subgrupo das IFES mais complexas e as universidades estaduais paulistas apresentam indicadores semelhantes, o que mostra a impropriedade de se trabalhar com generalizações extraídas de indicadores muito agregados. A relação alunos/funçãoário é muito mais alta no sistema paulista, a razão alunos/professor é um pouco mais alta nas IFES do grupo I, sendo que os gastos por aluno são mais baixos na USP, bastante semelhantes entre a Unesp e as IFES do grupo I e muito mais elevada na Unicamp.

6. A utilização do dólar oficial ou paralelo para efeito de comparações internacionais é questão complexa e de extrema relevância. Ambas as cotações não refletem o que uma taxa cambial deveria refletir: a capacidade inalterada de compra de uma

mesma cesta de bens. O câmbio oficial é controlado pelo governo. O paralelo oscila conforme pressões de oferta e demanda pela moeda americana. Dessa forma, não é mais nem menos relevante utilizar câmbio oficial ou paralelo. A taxa real de câmbio situa-se entre ambos. A título de exemplo, é interessante observar que a média do âgio do paralelo em relação ao oficial foi de aproximadamente 70% em 1988 e de 106% em 1989. A utilização de uma ou outra cotação pode levar a conclusões completamente diferentes, no que se refere aos gastos por aluno.

7. A comparação entre orçamentos de ensino das IFES brasileiras com universidades americanas apresenta os resultados previsíveis. As universidades do grupo I são, em média, significativamente mais baratas do que as americanas enfocadas (25%, de acordo com o câmbio oficial, ou 56%, de acordo com o paralelo). Quanto às IFES do grupo II a diferença é mais expressiva ainda (49%, pelo câmbio oficial, e 70%, pelo paralelo).

8. A relação alunos/funçãoário segue a mesma lógica. IFES que atuam predominantemente na graduação têm a relação mais alta (9,6), enquanto IFES mais complexas (4,5) e a USP (3,7) têm relação mais baixa. Por outro lado, se o caso de Berkeley (5,3) for tratado como um parâmetro, as universidades brasileiras podem estar apresentando um excessivo número de funcionários. Esta conclusão, no entanto, deve ser melhor qualificada, levando-se em conta a maior informatização, a utilização de alunos em atividades burocráticas e o maior volume de serviços contratados junto ao setor privado nas universidades estrangeiras.



SUGESTÕES PARA LEITURA

- BOWEN H., *The costs of higher education: how much do colleges and universities spend for student and how much should they spend?*, Jossey-Bass, San Francisco, 1980.
- PAUL J.J. & WOLYNCE E., *O custo do ensino superior nas universidades federais*, Nupes/USP, São Paulo, 1990.
- CAMPINO A.C.C., *Custo do ensino superior*, Nupes/USP, São Paulo, 1989.
- PINHEIRO J.M., *Sistema de apuração de custos da UFC*, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1990.

LEIA NA PRÓXIMA EDIÇÃO DE **CIÊNCIAHOJE**

A FÍSICA NA BUSCA DO PETRÓLEO

A crescente importância do petróleo, como fonte energética e matéria-prima industrial, torna necessário o aumento dos investimentos em sua produção, incluindo a pesquisa de novos métodos de prospecção, como o modelamento sísmico.

PAEPALANTHUS, CUPINS E ARANHAS

Para sobreviver em ambientes áridos, algumas espécies vegetais — como *Paepalanthus bromelioides* — associam-se a espécies animais — como cupins e aranhas — em uma interação bastante vantajosa para todos os envolvidos.

A MULHER COMO OBJETO DA CIÊNCIA

A revolução científica e o racionalismo fizeram surgir uma nova concepção da 'natureza feminina', extinguindo a imagem satânica até então atribuída à mulher, mas mantiveram conceitos que ainda a figuram como inferior ao homem.

RAÍZES DA FÍSICA BRASILEIRA

Uma descrição detalhada mostra como a física experimental brasileira se desenvolveu, desde as Escolas Politécnicas do Rio de Janeiro e São Paulo até a geração que, nas décadas de 1930 e 1940, obteve projeção internacional.

EDUARDO RAPOPORT: CONTAMINAÇÃO POR ESPÉCIES

O ecologista argentino fala, em entrevista exclusiva, das pesquisas que realiza a respeito de plantas invasoras — espécies exóticas que vêm tomando espaço e até extinguindo espécies nativas, prejudicando a biodiversidade do mundo.

E MAIS: OS AVANÇOS DA CIÊNCIA NO MUNDO, RESULTADOS DE PESQUISAS DESENVOLVIDAS NO PAÍS, RESENHAS DE LIVROS E NOTÍCIAS.



A ANATOMIA DA MADEIRA

PEDRO L. B. LISBOA

Departamento de Botânica,
Museu Paraense Emílio Goeldi

A floresta amazônica, nos seus 260 milhões de hectares, guarda mais de 2.300 espécies vegetais, distribuídas em cerca de 700 gêneros e 120 famílias. A grande maioria dessas espécies é produtora de madeira. Em meio à vastidão das terras e à heterogeneidade das espécies, um problema continua a desafiar os cientistas: diante da quantidade de madeiras muito semelhantes, como obter um processo seguro de identificação?

A maior parcela do potencial brasileiro florestal se situa na região amazônica, cujas florestas revestem 260 milhões de hectares de área geográfica. Mais de 90% dessa área estão ocupados por matas de terra firme e várzea, ricamente povoadas por espécies vegetais produtoras de madeira. E, uma vez que a heterogeneidade é característica marcante das regiões tropicais, essas florestas são naturalmente povoadas por madeiras muito semelhantes do ponto de vista organoléptico (isto é, das propriedades que impressionam os sentidos). Tal semelhança tem comprometido a atividade de exploração comercial, porque as madeiras de lei são trocadas por outras, semelhantes, mas com propriedades mecânicas, físicas e biológicas inferiores para o mercado. As explorações madeireiras na Amazônia se utilizam quase sempre de nomes vulgares. Só que, com frequência, o mesmo nome vulgar é usado para identificar madeiras de espécies diferentes. E não

raro o nome vulgar de determinada madeira varia de uma área para outra.

Os registros de catalogação de espécies fornecedoras de madeiras da região amazônica — que se encontram na xiloteca (coleção de madeiras) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), do Museu Paraense Emílio Goeldi e do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido — dão conta de mais de 2.300 espécies, distribuídas em mais de 700 gêneros e 120 famílias. Assim, há necessidade de um método que imprima precisão científica à identificação da madeira.

O processo mais seguro de identificação da madeira se faz com base na comparação entre suas características anatômicas e organolépticas. Diversos anatomistas, visando a aprimorar a metodologia de identificação das madeiras, elaboraram chaves dicotômicas de identificação (isto é: os caracteres anatômicos diferenciais das madeiras vão se desdobrando, sempre em duas

opções, até que se alcance a identificação de família, gênero e/ou espécie). Tal metodologia reduziu o tempo despendido nessa tarefa e ainda melhorou o nível das identificações. Mais recentemente, com o advento do uso dos cartões perfurados e da informática, surgiram outros métodos ainda mais aperfeiçoados.

O estudo anatômico da madeira pode ser feito macroscopicamente, por meio de uma lupa entomológica ou com uma lupa do tipo conta-fios, geralmente com até dez vezes de aumento. Por esse processo, um anatomista experiente pode determinar, no campo, qual a espécie da madeira que está examinando ou realizar o trabalho de identificação, comparando um fragmento da madeira com amostras-padrão existentes nas xilotecas.

A desvantagem desse método é que a oferta de detalhes anatômicos (figura 1) é a mais limitada, se comparada àquela fornecida pelo estudo microscópico. Para esse estudo, são necessários cortes histológicos nos sentidos transversal, tangencial e radial (figura 2), em que podem ser vistos os principais elementos constituintes da madeira. Esses cortes histológicos apresentam maiores possibilidades de aumento microscópico (figura 3). O material, dissociado por solução macerante, também contribui para maior eficiência do processo.

Em ambos os casos, a identificação da madeira se baseia nas diferenças morfológicas das estruturas anatômicas do lenho secundário (xilema secundário). Lenho (ou

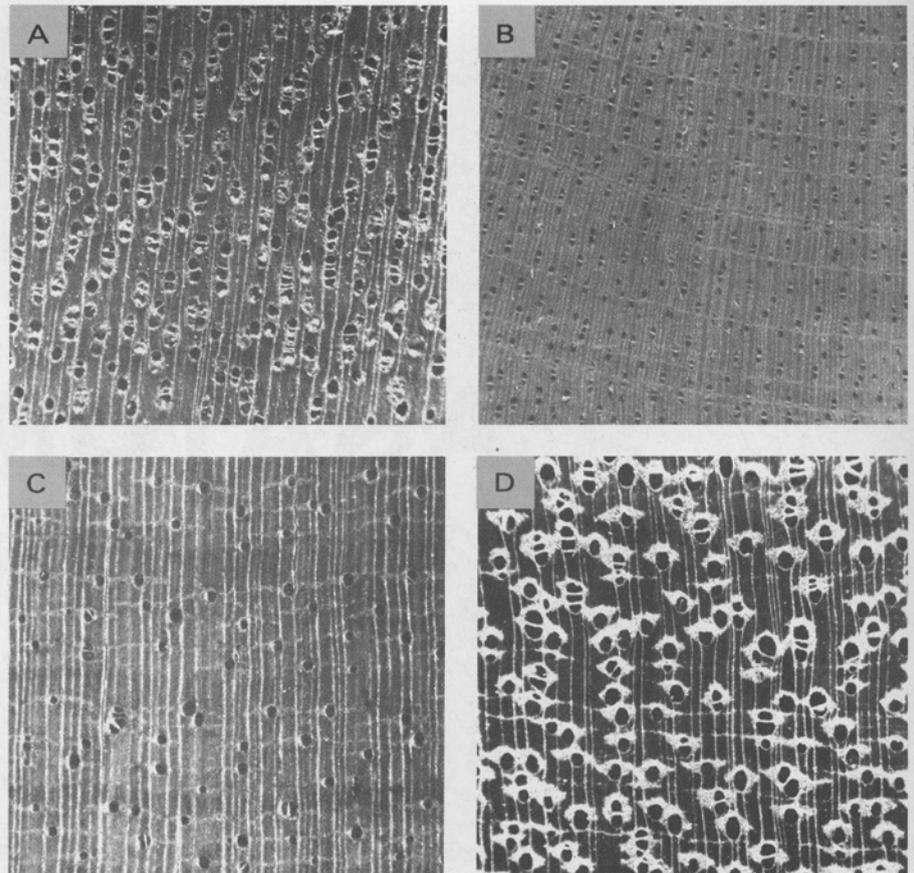


FIGURA 1. Fotomicrografia da superfície transversal de madeiras (aumentada dez vezes), mostrando diferentes padrões anatômicos: (A) *Nectandra amazonum* (louro), de parênquima axial ausente ou invisível; (B) *Ryanthera ulei* (ucuubarana), com parênquima axial em linhas e poros diminutos; (C) *Brosimum utile* (amapá), com parênquima axial aliforme simples e confluyente, aletas finas, poros solitários predominantes; e (D) *Bowdickia nitida* (sucupira preta), com parênquima axial simples e confluyente, com aletas grossas, poros médios e grandes, solitários e múltiplos.

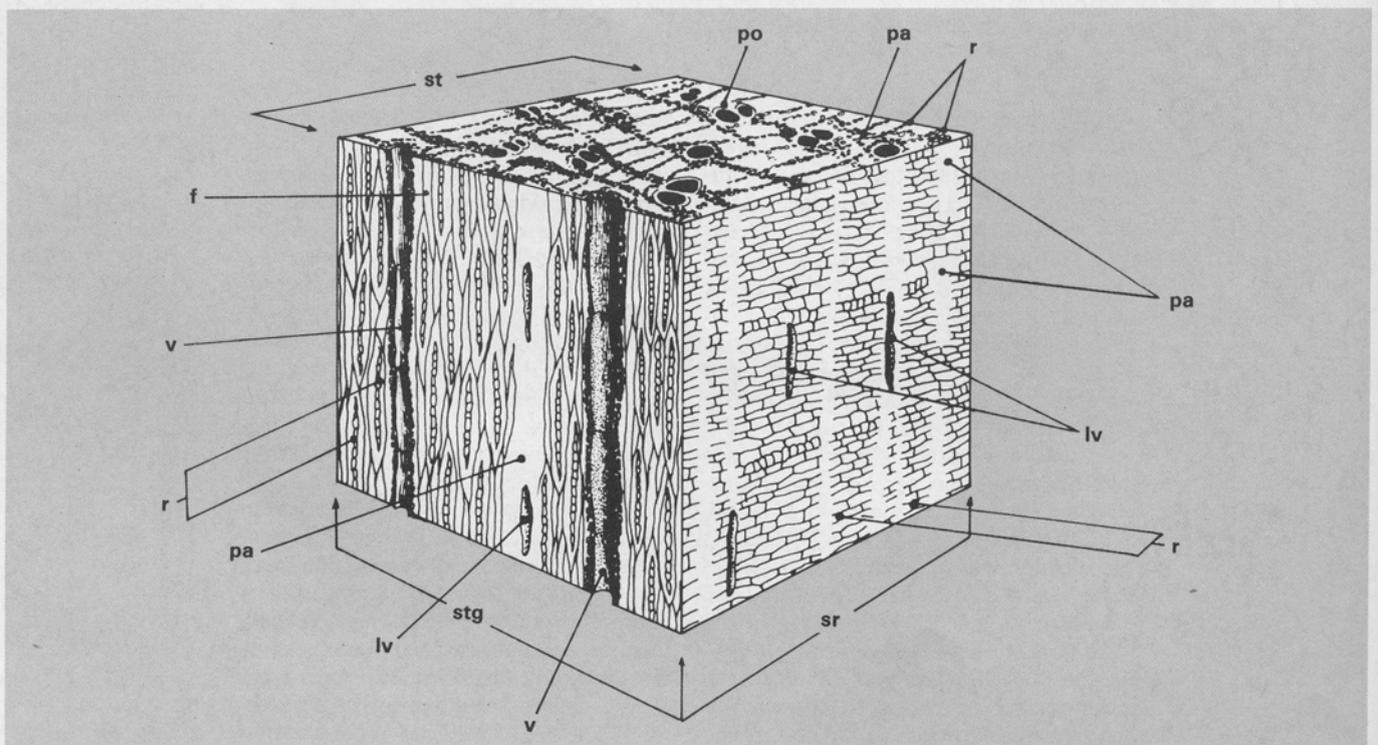


FIGURA 2. Perspectiva dos três planos de corte de uma madeira. st = superfície transversal; sr = superfície radial; stg = superfície tangencial; po = poros (vasos); r = parênquima radial (raios); pa = parênquima axial; lv = linhas vasculares; f = fibras; v = vasos.

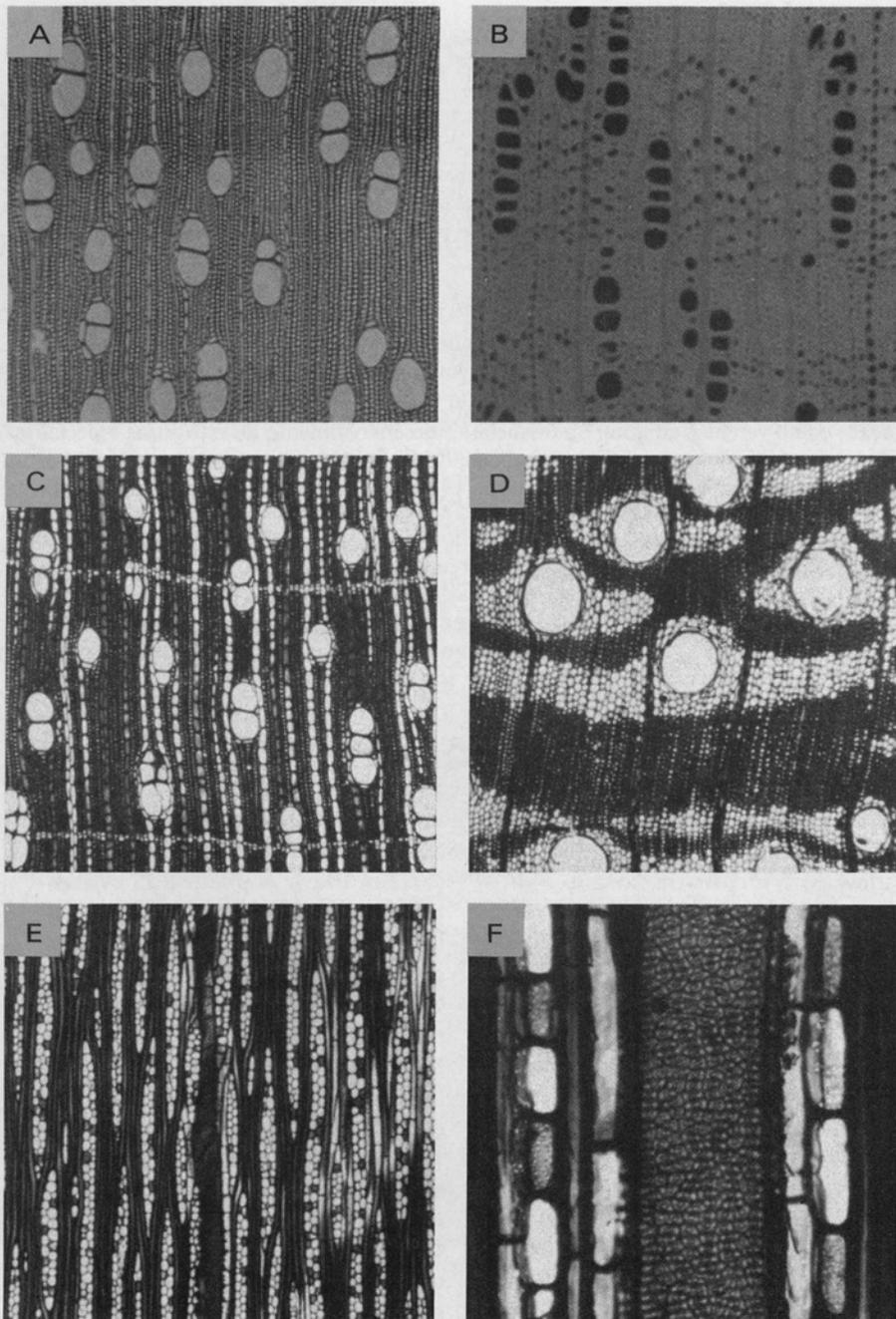


FIGURA 3. Fotomicrografias de madeiras amazônicas, com diferentes padrões anatômicos. As fotos A, B, C e D mostram superfícies transversais, com aumento de 50 vezes. As fotos E e F mostram superfícies tangenciais (aumento de 50 vezes na foto E e de 120 vezes na foto F). (A) *Virola Calophylla* — vasos solitários e germinados, parênquima paratraqueal escasso e apotraqueal ausente; (B) *Chrysophyllum gonocarpum* — parênquima apotraqueal reticulado e vasos em longas cadeias radiais; (C) *Iryanthera polyneura* — parênquima apotraqueal em linhas marginais, paratraqueal escasso e vasos múltiplos e solitários; (D) *Qualea paraensis* — parênquima paratraqueal aliforme simples e confluyente, vasos grandes e solitários; (E) *Iryanthera grandis* — raios bi e trissecados; e (F) *Iryanthera elliptica* — pontuações intervasculares de tipo oposto.

xilema) secundário é a massa compacta de células originadas do câmbio vascular (camada que fica entre a casca e a madeira), arranjadas de tal modo que originam dois sistemas de orientação: um sistema longitudinal (vertical) e outro transversal (chamado sistema radial).

As células que constituem o tecido lenhoso, a princípio, são muito semelhantes. Com o crescimento, porém, as células ad-

quirem formas especializadas. Passam a ser as células dos parênquimas axial e radial, as de fibras, as células de elementos de vaso etc. Cada uma delas apresenta atividade mecânica e/ou fisiológica específica. As fibras participam do mecanismo de sustentação da planta e as células dos parênquimas têm funções diversas, sendo uma das principais o armazenamento de substâncias nutritivas. É importante lembrar que atra-

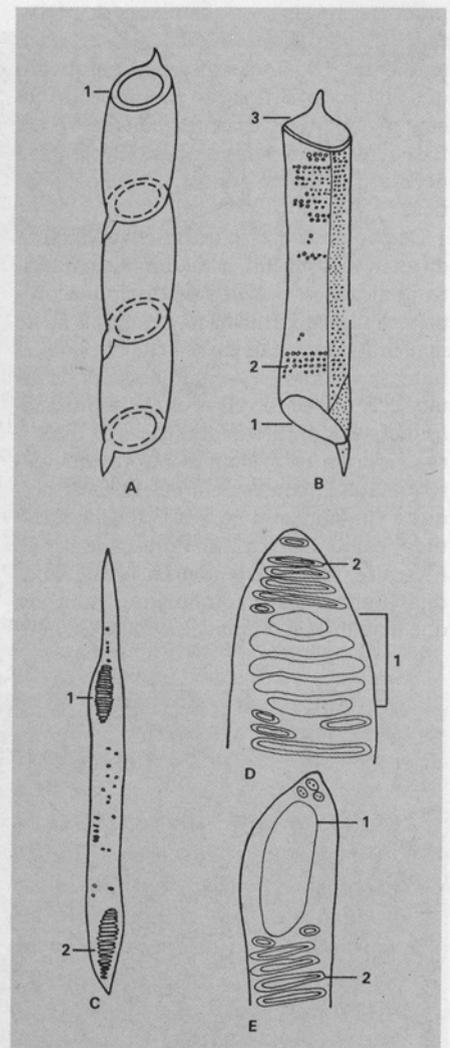


FIGURA 4. (A) Parte de um vaso com três elementos: (A1) placa de perfuração simples; (B) elemento de vaso: (B1, B2) placas de perfuração simples, (B3) pontuações intervasculares; (C) elemento de vaso: (C1, C2) placas de perfuração escalariformes; (D1) placa de perfuração escalariforme, (D2) pontuações intervasculares do tipo escalariforme; (E1) placa de perfuração simples, (E2) pontuações intervasculares escalariformes.

vés dos vasos do xilema se movimenta a seiva bruta, aquela formada por água e sais minerais, retirada do solo com os pêlos absorventes da raiz. Assim, para cada espécie determinada, a madeira é sempre constituída por células morfologicamente semelhantes.

Mais recentemente, um novo enfoque tem sido dado ao estudo do lenho secundário. A influência dos fatores ambientais na determinação do padrão morfológico das estruturas anatômicas da madeira tem sido fartamente demonstrada, sobretudo com relação aos elementos de vaso. Elemento de vaso é a unidade celular que constitui um vaso. O vaso, então, é formado por uma série de células superpostas axialmente. As paredes finais de contato entre os vasos são perfuradas, permitindo a passagem de água (figura 4). Resultados de

pesquisas revelam que as placas de perfuração escalariformes são mais comuns em ambientes frios e temperados, enquanto que placas de perfuração simples ocorrem com maior frequência em ambientes secos. Esse tema é um campo aberto à pesquisa no Brasil, onde há grande variação climática.

Dentro do contexto do desenvolvimento da anatomia vegetal, a anatomia da madeira já alcançou o *status* de disciplina própria. A sua importância na identificação de madeiras comerciais e o seu emprego no estudo da tecnologia — quando se pode estabelecer correlação entre as estruturas anatômicas e as propriedades físicas da madeira — foram os principais fatores que determinaram o afastamento da linha de pesquisa fundamental para a aplicada. Contudo, como observa o anatomista inglês C. Metcalfe, há uma tendência a que essas duas linhas sejam combinadas, uma vez que a anatomia da madeira cada vez mais

serve de subsídio aos estudos de taxonomia e filogenia botânica e, mais recentemente, à ecologia comparativa de plantas.

TAXONOMIA E FILOGENIA

O estudo microscópico de um fragmento de madeira é feito por meio de cortes histológicos obtidos em micrótomos apropriados e com estruturas anatômicas dissociadas por meio de um processo conhecido como maceração de madeiras. Micrótomos são aparelhos equipados com navalhas especiais, destinadas à confecção de cortes histológicos de tecidos biológicos; e maceração, como veremos adiante, é a dissociação das estruturas celulares que compõem a madeira pela ação de substâncias químicas. Esse estudo microscópico tem aberto um fascinante caminho para o entendimento das relações sistemáticas e filogenéticas das plantas. Hoje, a utilização da anatomia para este fim tem sido o objetivo da

pesquisa de inúmeros anatomistas em todo o mundo (ver 'Os diferentes estudos anatômicos').

As especializações das estruturas lenhosas comprovam que as plantas, em busca de maior eficiência biológica, se adaptaram a novas condições métricas graças a modificações em sua morfologia. O exemplo mais claro do processo evolutivo ocorreu por meio do sistema de absorção de água. Sendo as plantas originadas do meio aquático, a água não representava nos primórdios um fator limitante para a sua sobrevivência, pois envolvia todo o corpo da planta, não sendo, portanto, necessário o desenvolvimento de estruturas especializadas como os atuais elementos de vasos, com a função da distribuição interna da água.

A colonização do ambiente terrestre pelos vegetais só foi possível pelo aparecimento e especialização dos elementos traqueais (as principais células condutoras de água

OS DIFERENTES ESTUDOS ANATÔMICOS

A anatomia da madeira é o estudo das estruturas de plantas que desenvolvem, a partir da zona cambial, um crescimento secundário. Trata-se de um ramo de estudos bem antigo da anatomia vegetal. O italiano Marcelo Malpighi (1628-1694) e o inglês Nehemiah Grew (1641-1712) são considerados os grandes pioneiros da anatomia das plantas, ainda que tenham produzido trabalhos posteriores ao clássico *Micrografia*, publicado em 1695 por Robert Hooke (1605-1703), um pesquisador de interesse apenas eventual pelo tema.

A obra mais importante de Malpighi é *Anatomia plantarum*, publicada em 1675. As pesquisas de Grew deram origem a três livros, editados a partir de 1672, que culminaram na edição de *The Anatomy of plants*, em que ele relata, pela primeira vez, a existência de vasos, fibras e parênquimas em madeira, confirmando a estrutura celular das plantas e revelando que elas podiam ser identificadas por essas diferenças estruturais.

Um pouco antes da publicação de *The Anatomy of plants*, um

holandês de nome Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) havia desenvolvido um microscópio simples. Com ele, Leeuwenhoek realizaria estudos detalhados de anatomia da madeira e da casca, chegando a elaborar uma descrição anatômica da parte lenhosa da raiz de Myristicaceae, em cortes nos planos transversal, tangencial e radial. Entretanto, esta descrição permaneceu longo tempo ignorada. E só muito recentemente, em 1982, seria reconhecida a posição de pioneiro de estudos anatômicos para Leeuwenhoek, quando os anatomistas Pieter Baas e Brian J. Ford, estudando farta documentação da correspondência mantida entre o pesquisador holandês e a Real Sociedade de Londres, tomaram conhecimento detalhado dos inúmeros resultados obtidos pelo holandês, que não haviam sido publicados.

O valor dos caracteres anatômicos do xilema secundário (madeira) para auxiliar na solução de problemas taxonômicos é reconhecido desde 1818, data em que o botânico suíço Augustin P. de Candolle (1778-1841) empregou a

diferenciação entre presença ou ausência de vasos na classificação botânica. A partir daí, outros taxonomistas reconheceram o valor do caráter anatômico, empregando-o sistematicamente em estudos comparativos. Os modernos sistemas de classificação elaborados pelos botânicos A. Cronquist (em 1968), R. F. Thorne (em 1976), R. Dahlgren (em 1980) e A. Takhtajan (em 1980) empregaram caracteres anatômicos da madeira.

Com relação aos estudos filogenéticos, a utilização de caracteres anatômicos teve início no começo do século XX, quando pesquisadores estabeleceram ligações morfológicas numa mesma unidade anatômica constituinte do lenho de diversos grupos vegetais, bem como entre as diferentes unidades anatômicas. Essas ligações, como viria a ser fartamente comprovado no decorrer desse século, representavam os diferentes níveis de especialização dos caracteres anatômicos, permitindo aos anatomistas conhecer os caminhos evolutivos no reino vegetal.

no xilema), uma vez que, frente a essa nova situação, as plantas necessitavam de um mecanismo eficiente para o transporte interno de água. Para se estabelecerem no solo, os vegetais puderam contar com outra estrutura, mais aprimorada, para a função de sustentação. De início apareceram as traqueídes, que evoluíram em dois sentidos: originando as fibrotraqueídes, para atender a necessidade de um mecanismo mais forte de sustentação, e os elementos de vaso, para a função de transporte de água.

Os primeiros anatomistas a perceber que a variação morfológica dos elementos de vaso, notadamente na região da placa de perfuração, era o resultado de um processo de especialização foram W. P. Thompson, I. W. Bailey e W. W. Tupper, em 1918. Eles observaram que as angiospermas primitivas, dotadas de traqueíde com pontuação escalariforme, originaram os elementos de vaso com placas de perfuração escalariformes. As teorias destes autores, inicialmente combatidas, foram confirmadas pelas pesquisas que as sucederam, como as de F. H. Frost, no início da década de 1930. O entendimento das relações filogenéticas no reino vegetal seria consolidado com o estudo das outras estruturas da madeira, como os parênquimas axial e radial, os elementos fibrosos etc.

AS MADEIRAS AMAZÔNICAS

A família Myristicaceae constitui um dos mais interessantes grupos de plantas que produzem madeira na Amazônia. Apresenta variações morfológicas que trazem muitos subsídios para o entendimento das relações filogenéticas nas plantas. Os seus elementos de vaso, por meio de sucessivas modificações, alcançaram o nível máximo de especialização, que se caracteriza pela presença de placas de perfuração simples, redução do comprimento e aumento de diâmetro. Essa seqüência evolutiva revela diversos níveis de especialização, usados pelos anatomistas como parâmetro válido para esclarecer a filogenia e a taxonomia de grupos botânicos.

As Myristicaceae, largamente distribuídas nas regiões tropicais, são representadas no continente americano por cinco gêneros (*Compsoeura*, *Iryanthera*, *Osteophloeum*, *Otoba* e *Virola*) e 84 espécies, das quais 55 se concentram na floresta amazônica. Há botânicos (como Adolfo Ducke, já falecido, e William A. Rodrigues) que consideram a Amazônia o centro de distribuição dessa família nas Américas. Na Amazônia brasileira, as espécies de Myristicaceae estão distribuídas da seguinte maneira: cinco de *Compsoeura*, 19 de *Iryanthera*, uma de *Osteophloeum*, uma de *Otoba* e 29 de *Virola*.

Para estudar os elementos de vaso, foi utilizado o método da maceração com amostras de 41 espécies, das 55 que ocorrem na região. Do gênero *Compsoeura*, somente a madeira de *C. ulei* foi examinada, devido à inexistência de amostras de exemplares de outras espécies, que são raros. Os espécimes examinados foram obtidos das coleções de madeira do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em Manaus; do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido e do Museu Paraense Emílio Goeldi, em Belém; da Universidade de Utrecht, Holanda; e do Laboratório de Produtos Florestais e da Coleção Samuel Record, em Madison, Wisconsin, nos Estados Unidos.

A maceração com amostras de madeiras foi feita com a retirada de lascas longitudinais de cada espécime estudado. As amostras foram maceradas numa solução contendo quantidades iguais de ácido acético e água oxigenada (120 volumes) a 60 graus centígrados, por 24 horas. Em seguida, as amostras foram lavadas em água corrente e acondicionadas em vidros com água e algumas gotas de formaldeído a 2%. Para a preparação de lâminas, cada amostra foi corada com algumas gotas de safranina numa solução aquosa de etanol, e depois montada em lâminas. Um mínimo de 25 elementos de vaso foram examinados por amostra.

Na figura 5, encontram-se resumidas as características morfológicas dos elementos de vaso dos cinco gêneros de Myristicaceae examinados neste estudo. A morfologia revela uma variação de forma extremamente ampla, incluindo o comprimento e a lar-

gura dos vasos. As placas de perfuração aparecem em diversos pontos ao longo das paredes dos vasos, com sua orientação variando de suavemente inclinada (quase horizontal) até vertical. As placas de perfuração também têm formas variadas. Placas do tipo simples, quer escalariforme quer reticulado, são as mais comuns. Ocorrem, porém, formas atípicas, que parecem ser mistura das formas escalariforme e reticulada, aqui denominadas de placas semi-escalariformes.

A despeito da grande variedade morfológica das placas de perfuração em cada gênero, foi possível discernir um tipo dominante para cada um deles. As placas escalariformes são comuns em todos os gêneros estudados, mas predominam apenas em *Compsoeura* e *Otoba* (figura 6) e nas espécies *I. coriaceae*, *I. elliptica*, *I. juruensis*, *I. laevis*, *I. lancifolia*, *I. olacoides*, *I. paradoxa*, *I. polyneura*, *I. sagotiana*, *I. tessmannii* e *I. triconis*. Nos outros gêneros, *Virola* e *Osteophloeum*, foram encontradas placas escalariformes, mas não há predominância.

O número de barras por placas do tipo escalariforme é mais alto em *Compsoeura*. Nos outros gêneros examinados, encontram-se numerosas placas, mas o número médio não é alto como em *Iryanthera* (figura 7). As placas podem ser regulares ou altamente irregulares e ramificadas. As larguras das barras podem ser finas ou espessas. Barras ramificadas são muito comuns em *Iryanthera*. Uma excessiva ramificação resulta num tipo de placa intermediário entre escalariforme e reticulado. Esse tipo foi chamado de semi-escalariforme.

FIGURA 5. CARACTERES DOS ELEMENTOS DE VASO (FAMÍLIA MYRISTICACEAE/AMAZÔNIA)

GÊNEROS	COMPRIMENTO (μm)		DIÂMETRO TANGENCIAL (μm)	
	<i>Compsoeura</i>	(400)	1.078 (1.700)	(20)
<i>Iryanthera</i>	(320)	1.188 (1.990)	(40)	90 (190)
<i>Osteophloeum</i>	(800)	1.407 (2.400)	(60)	148 (240)
<i>Otoba</i>	(1.000)	1.394 (1.750)	(90)	152 (200)
<i>Virola</i>	(480)	1.070 (1.980)	(40)	109 (190)

PLACAS SIMPLES (%)	PLACAS RETICULADAS (%)	PLACAS ESCALARIFORMES E SEMI- ESCALARIFORMES (%)	Nº DE BARRAS NAS PLACAS ESCALARIFORMES	
0,9	-	99,9	(4)	10,8 (24)
3,1	32,4	64,5	(1)	5 (16)
90,3	0,7	8,8	(0)	3,9 (11)
-	16,6	83,3	(2)	4,6 (7)
85,5	0,05	13,6	(1)	3,6 (22)

Os números entre parênteses representam os valores mínimo e máximo de cada caráter.

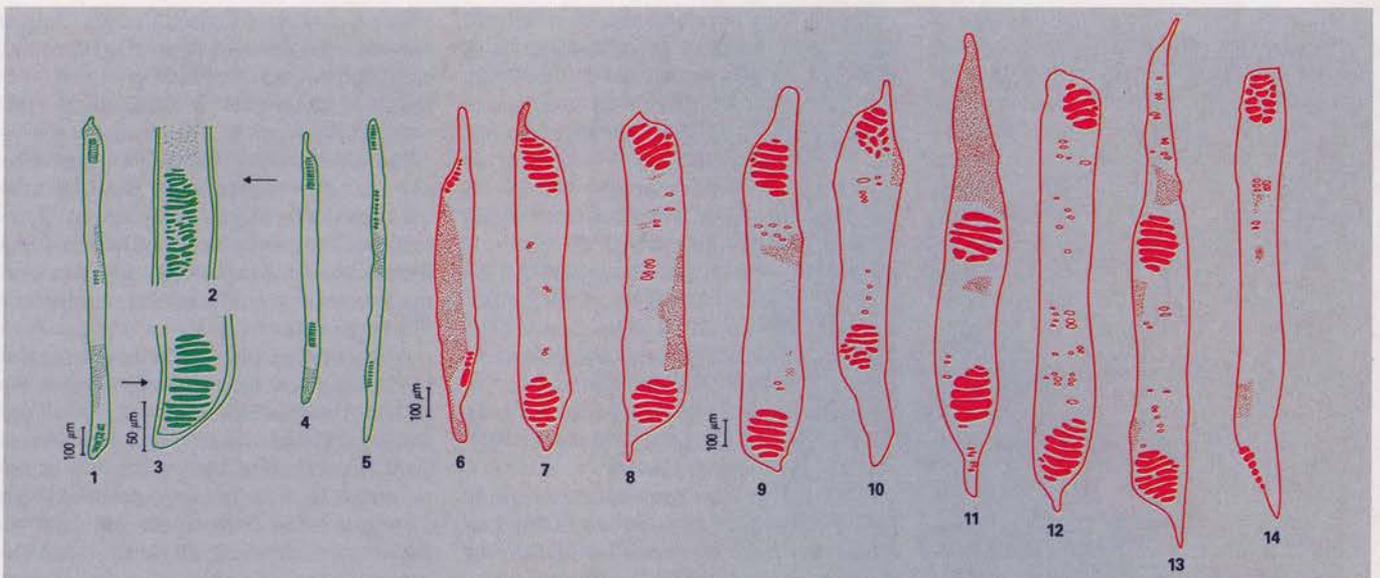


FIGURA 6. Elementos de vaso de *Compso-neura* e *Otopa*. Os desenhos numerados de um a cinco são de *Compso-neura ulei* e os de seis a 14 são de *Otopa parvifolia*.

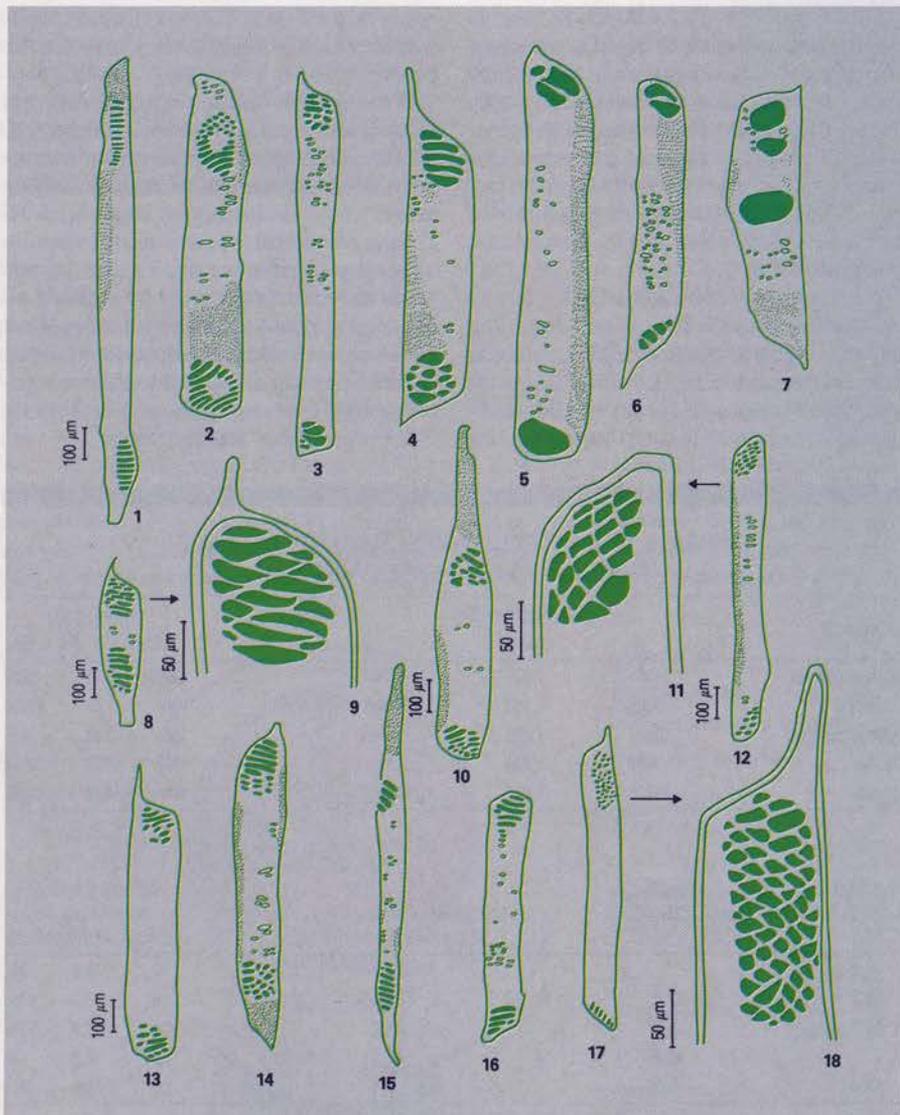


FIGURA 7. Elementos de vaso de *Iryanthera*: (1) *I. sagotiana*; (2) *I. macrophylla*; (3) e (10) *I. polyneura*; (4) *I. tricornis*; (5) e (7) *I. grandis*; (6) *I. laevis*; (8) e (9) *I. campinae*; (11), (12) e (15) *I. longiflora*; (13) *I. juruensis*; (14) e (16) *I. paradoxa*; (17) e (18) *I. paraensis*.

As placas de perfuração do tipo reticulado são mais frequentes em *Iryanthera*, mas somente predominam em *I. crassifolia*, *I. hostmannii*, *I. macrophylla*, *I. paraensis* e *I. ulei*. Essas placas estão presentes também em *Osteophloeum*, *Otopa* e *Virola*, mas não foram observadas no material de *Compso-neura* que examinamos para este estudo. As placas simples são características dos gêneros *Virola* e *Osteophloeum* (figura 8). No primeiro gênero, as placas simples predominam em todas as espécies. Em *Osteophloeum*, um gênero monoespecífico, as placas simples estão presentes em todos os espécimes, com uma frequência superior a 80%. Em *Iryanthera*, as placas simples predominam somente em *I. grandis*, uma condição atípica no gênero, enquanto que as placas escalariformes ou reticuladas são mais comuns. Em *Compso-neura*, a ocorrência de placas simples é insignificante e em *Otopa* parecem estar ausentes.

É possível distinguir os cinco grandes gêneros amazônicos de Myristicaceae, com base nas diferenças entre placas de perfuração, apesar da presença de placas escalariformes em todos eles. Este estudo revelou que, com raras exceções, um determinado tipo de placa predomina praticamente todas as espécies e exemplares de cada gênero, apesar de existir grande variedade dentro da família.

Iryanthera grandis foi a única espécie, entre as 41 estudadas, que divergiu consistentemente dos caracteres predominantes no gênero. A ausência ou a raridade de placas de perfurações simples em todas as outras espécies e espécimes de *Iryanthera* parece indicar que *I. grandis* pertence a outro gênero, talvez *Virola*. A predominância de placas escalariformes em *Compso-neura*, *Iryanthera* e *Otopa*, e de placas sim-

ples em *Osteophloeum* e *Virola* demonstra a existência de vários níveis de especialização nos vasos do xilema secundário.

Em 1930, o anatomista F. H. Frost demonstrou que o desenvolvimento de linhas evolutivas de placas de perfuração se fez originalmente com placas de perfuração exclusivamente escalariformes com numerosas barras. A estas se seguiram as placas de perfuração escalariformes com poucas barras. Depois apareceram placas de perfuração escalariformes e simples, até ficarem somente as placas de perfuração simples, que representam a condição mais evoluída (conforme a série de um a 15 já apresentada na figura 8).

As placas do tipo escalariforme estão presentes em todos os espécimes examinados nos cinco gêneros amazônicos e parecem constituir um caráter ancestral comum para todas as Myristicaceae. A frequência de placas escalariformes é relativamente baixa nos gêneros *Osteophloeum* e *Virola*, alta em *Compsoeura* e intermediária em

Iryanthera. Nesse sentido, a quase exclusiva ocorrência de placas escalariformes com número de barras excepcionalmente alto indica que, do ponto de vista da evolução dos vasos do xilema secundário, *Compsoeura* e *Otoba* são os gêneros mais primitivos das Myristicaceae amazônicas. Entre esses dois gêneros, os elementos de vaso são consideravelmente mais largos em relação ao diâmetro em *Compsoeura*, o que sugere que este gênero pode ser o mais primitivo do grupo. O diâmetro tangencial é medido no corte histológico transversal, em microscópio óptico equipado com escala micrometrada.

Iryanthera é o único gênero que não apresenta um único tipo predominante de placa de perfuração. A despeito da alta frequência das placas escalariformes no gênero, as placas reticuladas estão bem representadas em todas as espécies examinadas. Por isto, em termos de evolução, a posição de *Iryanthera* parece ser intermediária em relação aos outros gêneros regionais,

ainda que com uma predominância de caracteres primitivos (indicada pelo total de placas escalariformes e reticuladas). A ocorrência frequente de placas semi-escalariformes, que representam uma transição morfológica entre os tipos escalariforme e reticulado, é outro indicador do estado evolucionário intermediário desse gênero.

Virola e *Osteophloeum* exibem uma posição mais evoluída, a contar por suas placas de perfuração, que são do tipo simples. Muitas espécies de *Virola* também exibem placas escalariformes e reticuladas, mas em frequências relativamente baixas. O monoespecífico *Osteophloeum* parece ser o gênero mais evoluído do grupo, não só em razão da frequência relativamente alta de placas simples, mas também porque seus elementos de vaso são mais largos, se comparados com os dos demais gêneros (o diâmetro é proporcionalmente maior, em relação ao comprimento).

Para se determinar a posição evolucionária precisa dos cinco gêneros examinados neste estudo é preciso uma análise completa de todos os caracteres morfológicos. Em 1937, uma análise de pólen realizada pelos pesquisadores americanos A. Smith e Wodehouse, num estudo monográfico das Myristicaceae neotropicais, indicou a seguinte seqüência de especialização: *Otoba* → *Virola* → *Osteophloeum* → *Compsoeura* → *Iryanthera*. Neste estudo, a seqüência de especialização do xilema, proposta com base na morfologia da placa de perfuração, é bastante diferente: *Compsoeura* → *Otoba* → *Iryanthera* → *Virola* → *Osteophloeum*.

Apesar dessa discordância, A. Smith e Wodehouse já observaram que “a distribuição dos caracteres essenciais entre os gêneros americanos de Myristicaceae é tal que um único caráter é suficiente para designar um gênero primitivo”. Nisso eles têm razão.

SUGESTÕES PARA LEITURA

- BAAS P., 'Systematic, phylogenetic and ecological wood anatomy. History and perspectives', in BAAS P. (org.), *New perspectives in wood anatomy*, Amsterdam, Martins Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, 1982.
- CARLQUIST S., *Comparative plant anatomy*, Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1961.
- GARRAT G.A., 'Systematic anatomy of the woods of the Myristicaceae', in *Tropical woods* n° 35, 1933.
- METCALFE C.R. & CHALK L., *Anatomy of the dicotyledons*, Oxford, Clarendon Press, vol. II, 1983.
- RODRIGUES W.A., 'Myristicaceae de uso em medicina popular — Botânica sistemática das Myristicaceae do Brasil (V Simpósio de plantas medicinais do Brasil)', in *Ciência e Cultura* n° 32, 1978.

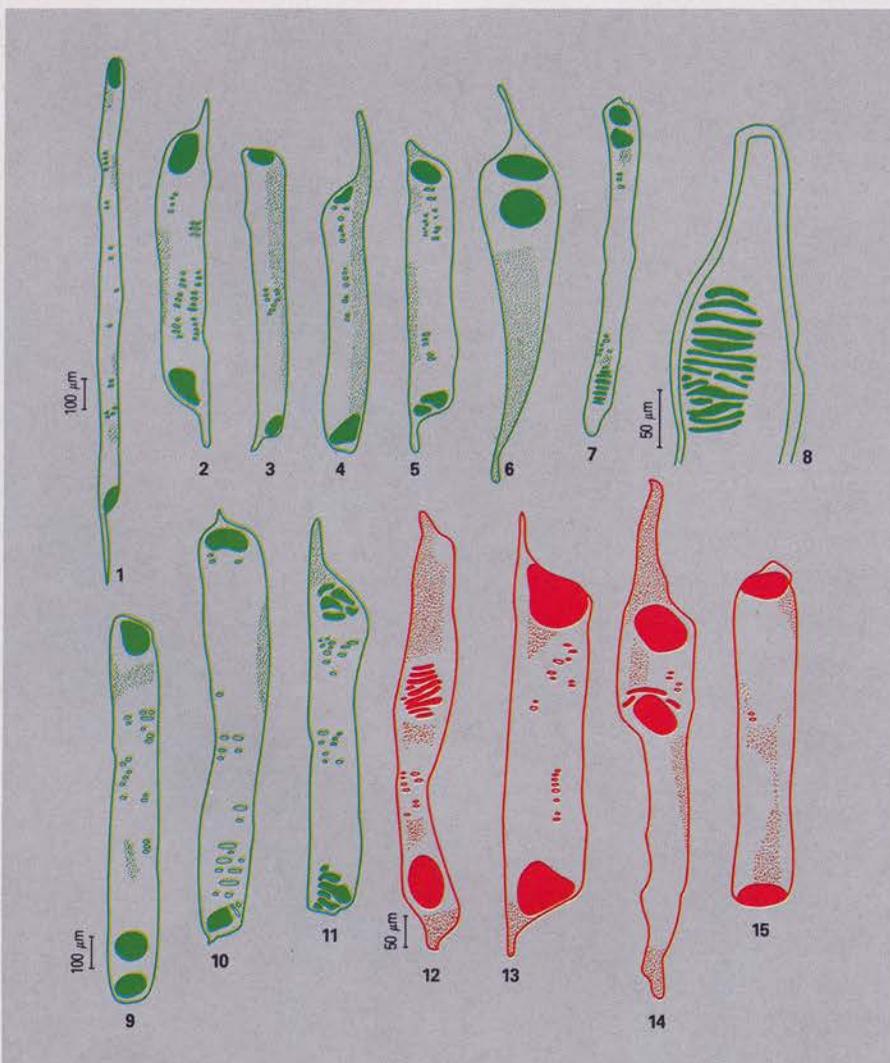
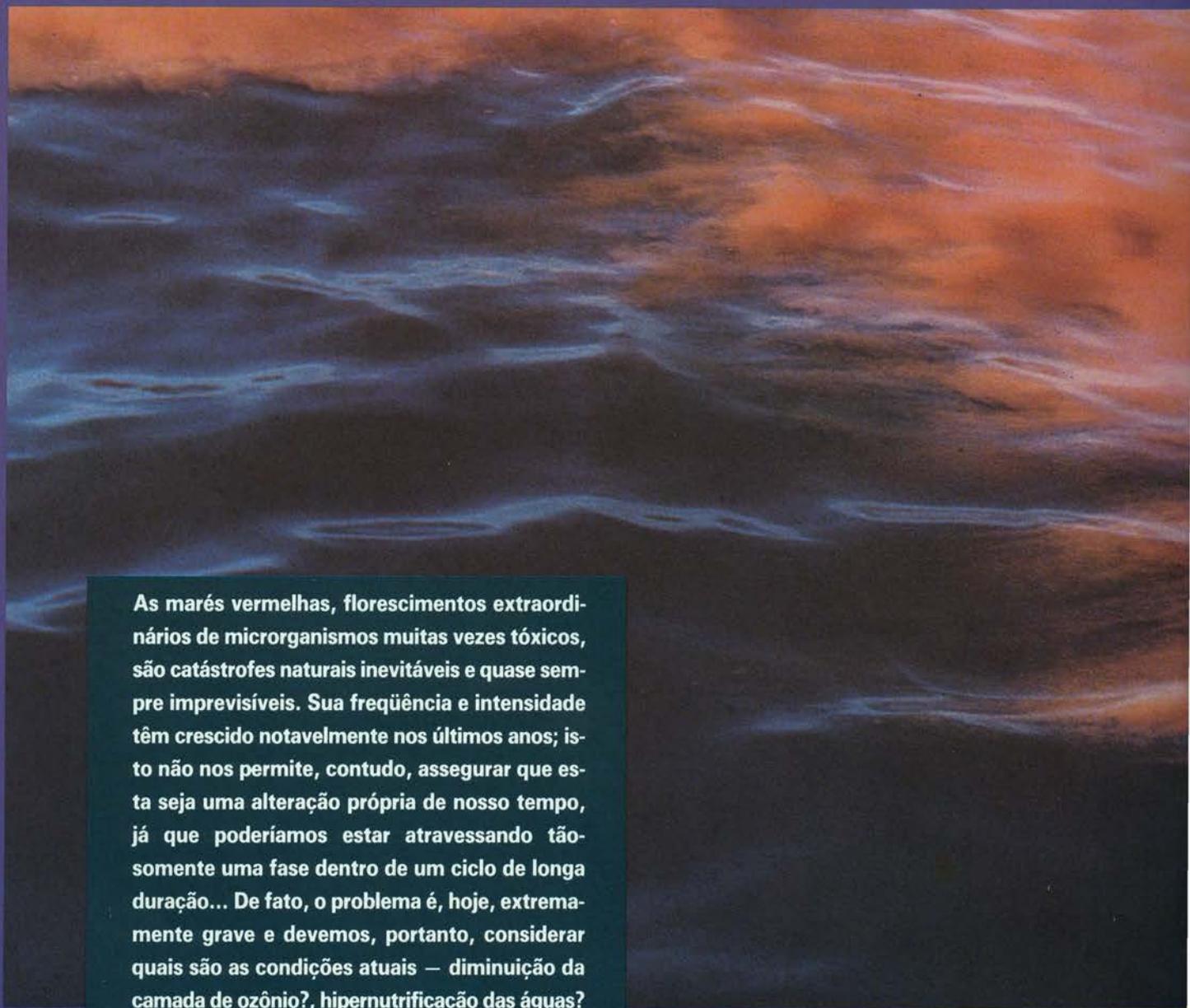


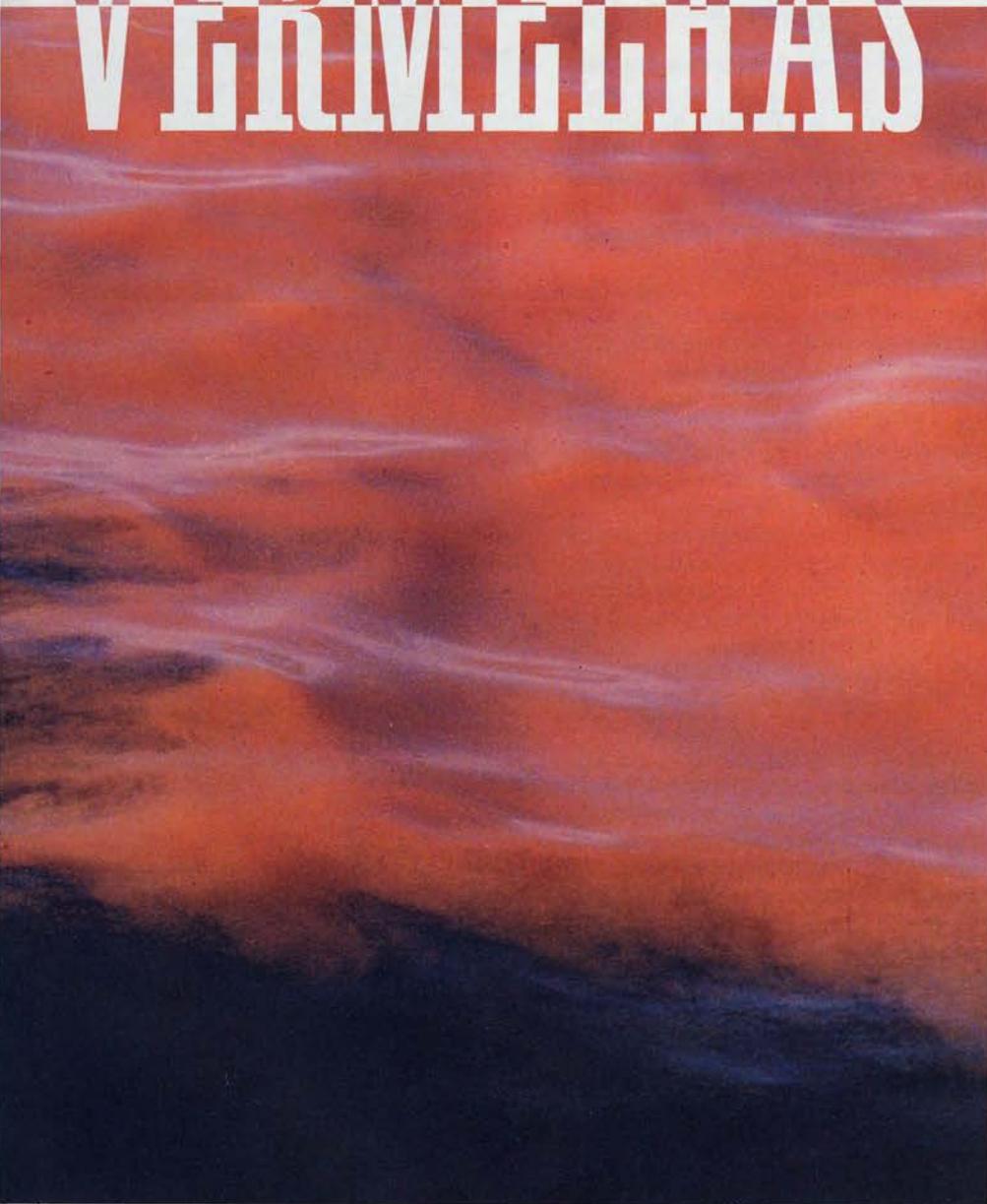
FIGURA 8. Elementos de vaso de *Virola* e *Osteophloeum*. Os desenhos numerados de um a 11 são de *Virola* e de 12 a 15 são de *Osteophloeum*. (1), (7), (8) e (9) *V. michelii*; (2) e (3) *V. elongata*; (4) e (11) *V. coelhoi*; (5) *V. caducifolia*; (6) *V. guggenheimii*; (10) *V. sebifera*; (12), (13), (14) e (15) *Osteophloeum platyspermum*.



As marés vermelhas, florescimentos extraordinários de microrganismos muitas vezes tóxicos, são catástrofes naturais inevitáveis e quase sempre imprevisíveis. Sua frequência e intensidade têm crescido notavelmente nos últimos anos; isto não nos permite, contudo, assegurar que esta seja uma alteração própria de nosso tempo, já que poderíamos estar atravessando tão-somente uma fase dentro de um ciclo de longa duração... De fato, o problema é, hoje, extremamente grave e devemos, portanto, considerar quais são as condições atuais — diminuição da camada de ozônio?, hipernutrição das águas? — que favorecem essa expansão. O conhecimento dos fatores determinantes do fenômeno virá sem dúvida facilitar a solução do problema.

MARÉS

VERMELHAS



JOSÉ I. CARRETO IRAURGUI
SUBSECRETARIA DE PESCA,
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO PESQUEIRO
ARGENTINA

“**E**toda a água do Nilo se transformou em sangue. Os peixes do Nilo morreram e o rio exalou um odor tão pestilento que os egípcios já não podiam beber de suas águas. Então houve sangue em todo o território do Egito”, diz a Bíblia (*Êxodo*, 7, 2-21), que aparece assim como o primeiro testemunho escrito sobre a mudança de cor que a superfície de um corpo d'água pode sofrer. É provável, no entanto, que as marés vermelhas já ocorressem muito antes que existissem as palavras, centenas de milhões de anos atrás, nos remotíssimos tempos em que apareceram os organismos que as causam.

Em *Naufrágios*, Alvar Núñez Cabeza de Vaca conta que o perigo de comer moluscos extraídos no início do ano, época das marés vermelhas, já era conhecido no México pré-colombiano. Ultimamente, porém, a frequência e a intensidade do fenômeno aumentaram significativamente. Novas áreas se viram afetadas e, entre 1985 e 1988, detectaram-se ocorrências produzidas por espécies até então não consideradas pelos plancólogos.

As conseqüências das marés vermelhas costumam ser severas, quando não dramáticas, já que, quando são tóxicas, chegam a ser fatais para o homem e outros consumidores de moluscos bivalves. Em 1987, durante a primeira maré tóxica observada na Guatemala, registraram-se 201 intoxicações humanas graves; 26 delas levaram à morte.

Além disto, há que levar em conta as vultosas perdas econômicas que esses fenômenos provocam. Eles constituem, por exemplo, o maior problema da indústria de pesca costeira do Japão. Na costa de Harina Nada, a maré vermelha de 1972 matou 14 milhões de peixes-lima, com um custo aproximado de 70 milhões de dólares, e este é apenas um dos casos devastadores que se produzem com frequência na região.

Igualmente consideráveis são, muitas vezes, as perdas causadas pela redução do turismo. Basta recordar que no estado da Flórida (EUA), durante a temporada de 1973-1974, elas foram estimadas em 15 milhões de dólares. Mais recentemente, em 1988, a zona costeira de Puerto Montt, no Chile, se viu afetada por uma maré vermelha que prejudicou gravemente a cultura do salmão. No caso, o prejuízo foi estimado em cerca de 14 milhões de dólares.

Como as inundações, os terremotos e os incêndios florestais, essas catástrofes naturais são inevitáveis e quase sempre imprevisíveis, mas seus efeitos podem ser minimizados mediante uma atuação eficaz e serena nos casos de emergência. A necessidade de explorar a natureza íntima desses fenômenos torna-se assim evidente, e é com esse propósito que nos introduziremos no mundo do fitoplâncton (do grego *phytón*, vegetal, e *plágchton*, errante).

O fitoplâncton compõe-se de plantas microscópicas unicelulares que povoam as camadas superficiais de todos os corpos d'água, seja doce ou marinha. Utilizando a luz solar como fonte de energia, esses organismos vegetais transformam substâncias simples que obtêm do meio ambiente na matéria orgânica necessária para seu crescimento e multiplicação. Trata-se de um dos mais importantes processos em curso no planeta, uma vez que constitui o primeiro elo da complexa trama alimentar aquática. Todos os animais dos meios aquáticos devem sua subsistência, de forma direta ou indireta, à multiplicação celular dessas plantas microscópicas.

Diatomáceas, flagelados e dinoflagelados são, por sua quantidade, os mais importantes grupos de algas que compõem o fitoplâncton. Distinguem-se entre si por suas formas de vida ou pelas estratégias reprodutivas que adotaram no curso de sua evolução num meio dinâmico e cambiante. Todas essas algas exigem certa quantidade de luz para poder se multiplicar, condição que só se verifica numa fina camada superficial (sua espessura média é de cerca de 80 metros, enquanto a profundidade do oceano chega a mais de quatro mil metros). Seu metabolismo não pode prescindir de determinadas substâncias biogênicas, como sais nutrientes (nitratos, fosfatos, silicatos), oligoelementos (como ferro, cobre, manganês e zinco), e de algumas substâncias orgânicas (como vitaminas e ácidos húmicos).

O ciclo dos elementos biogênicos transcorre desde a superfície até as águas mais profundas no mar, e a circulação desses elementos desde as profundezas até as camadas iluminadas é um processo lento, que geralmente retarda a multiplicação celular do fitoplâncton (ver 'Fitoplâncton: ciclo de nutrientes no oceano'). Há processos físicos que, promovendo uma mistura vertical, aceleram o retorno de nutrientes às camadas iluminadas, sendo, pois, importantes fatores reguladores da produção fitoplanctônica. As áreas mais férteis do oceano são aquelas em que a água profunda é forçada a subir até a superfície, fenômeno conhecido como afloramento. No entanto, quando a turbulência do sistema é excessiva, a reprodução dos microrganismos é atrasada em decorrência da dispersão do fitoplâncton fora da camada iluminada.

As diferentes formas de vida competem entre si pela captura dos nutrientes disponíveis nessa camada. Na competição entre diatomáceas e dinoflagelados, o resultado não depende apenas do ritmo de reprodução celular ou da velocidade com que assimilam os nutrientes. Os dinoflagelados se dividem uma vez por dia ou de dois em dois dias, ao passo que as diatomáceas o fazem duas ou três vezes por dia. Ocorre que essa menor velocidade da divisão celular dos di-

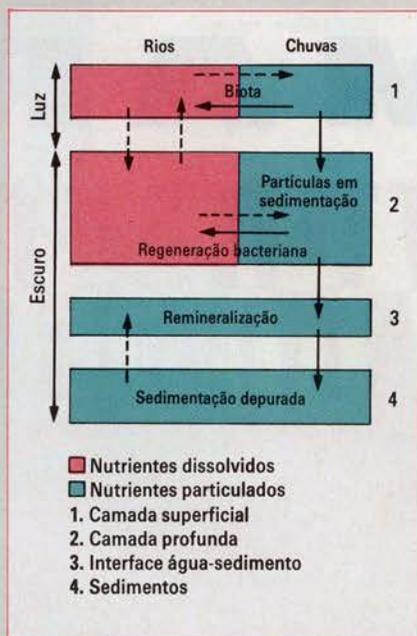
FITOPLÂNCTON: CICLO DE NUTRIENTES NO OCEANO

O ciclo dos elementos biogênicos dos ecossistemas terrestres se desenvolve na superfície de terrenos sólidos, ao passo que o dos ecossistemas aquáticos transcorre em toda a espessura do volume líquido. A figura esquematiza o ciclo de nutrientes dissolvidos ou particulados na coluna d'água. A fotossíntese, a geração da maioria dos organismos e a formação do material particulado ocorrem na camada superficial iluminada, onde se desenvolve a biota.

As mais importantes fontes de nutrientes são a regeneração *in situ*, que se opera através do metabolismo dos seres vivos presentes, e o afloramento de elementos biogênicos a partir do fundo do oceano. As contribuições externas dadas pelos rios e pelas chuvas provêm apenas 1% do material necessário.

A circulação de elementos biogênicos das profundezas dos oceanos até as camadas superficiais mais iluminadas é, em geral, um processo lento, que atrasa a multiplicação celular. Os fatores físicos que geram turbulência ou mistura vertical aceleram esse processo, tornando-se assim importantes agentes reguladores da produção de fitoplâncton.

As perdas de nutrientes se produzem principalmente pelo afundamento de partículas de detritos provenientes da camada superficial. Na camada profunda, os nutrientes se regeneram pela decomposição parcial do material particulado, pro-



Modelo esquemático do ciclo de nutrientes no oceano.

vocada por ação bacteriana. Somente as partículas de maior dimensão chegam até o sedimento, no fundo do oceano. São então remineralizadas na interface água-sedimento, e os nutrientes dissolvidos passam para a fase líquida por difusão e bioturbação do sedimento. Apenas 1% desse material, depurado, se incorpora à fase sólida como sedimentação.

noflagelados é compensada por uma maior motilidade e um fitotrofismo positivo que lhes permite concentrar-se na camada iluminada. As diatomáceas estão mais sujeitas ao afundamento, mas requerem menos luz que os dinoflagelados.

O resultado da competição dependerá das condições impostas pelo ambiente, e o ambiente marinho varia muito segundo as regiões e a época do ano. Nos mares temperados, por exemplo, em que as mudanças de estação são muito marcadas, produzem-se períodos de rápido crescimento e declínio da população fitoplanctônica (figura 1). Durante o inverno, em decorrência da forte mistura vertical, ou turbulência, provocada pelo vento, o fitoplâncton dispõe de nutrientes, mas a baixa radiação luminosa limita seu crescimento. Na primavera, com o aumento da radiação luminosa e a redução da intensidade dos ventos, a camada superficial se aquece e a mistura ver-

tical começa a diminuir. Nessas condições, o fitoplâncton pode permanecer na camada iluminada e ainda rica em nutrientes, situação que permite um crescimento exponencial do número de células. Este surto de produção, chamado 'florescimento primaveril' é experimentado primeiro pelas diatomáceas, que, com sua divisão celular mais acelerada, alcançam sua densidade máxima em uma ou duas semanas. Seu declínio é também rápido, já que a diminuição de nutrientes acarreta uma diminuição correspondente da velocidade de divisão celular, a tal ponto que as perdas devidas ao afundamento e ao consumo por um número crescente de pequenos animais planctônicos (que formam o zooplâncton) a que serve de alimento já não são compensadas.

À medida que os nutrientes diminuem e cresce a estabilidade vertical, as diatomáceas são gradualmente substituídas por outras formas de vida mais bem adaptadas às

novas condições do meio. A seqüência principal se caracteriza por uma sucessão de espécies: primeiro as diatomáceas de tamanho grande, depois outras menores, substituídas por sua vez por células móveis de velocidades de crescimento intermediárias (flagelados e pequenos dinoflagelados); finalmente, já no verão, os grandes dinoflagelados capazes de se alimentar de bactérias, pequenas diatomáceas e pequenos dinoflagelados (figura 2).

Diversos processos físicos, como descargas de rios, florescências costeiras, instabilidade nas bordas do talude continental, marés e forças decorrentes da rotação terrestre, produzem modificações locais na abundância de nutrientes e na estabilidade vertical. Essas situações podem dar origem a outros surtos de produção não necessariamente primaverais, originados na multiplicação de alguma das espécies da seqüência principal. Em certos casos, a perturbação gera um ambiente peculiar em que se combinam abundância de nutrientes, elevada estabilidade vertical e disponibilidade de luz. A evolução configurou formas de vida capazes de explorar esses ambientes 'anômalos' e de chegar a produzir neles florescimentos excepcionais, as chamadas marés vermelhas.

As marés vermelhas são florescimentos caracterizados pela reduzida diversidade da população planctônica e por concentrações

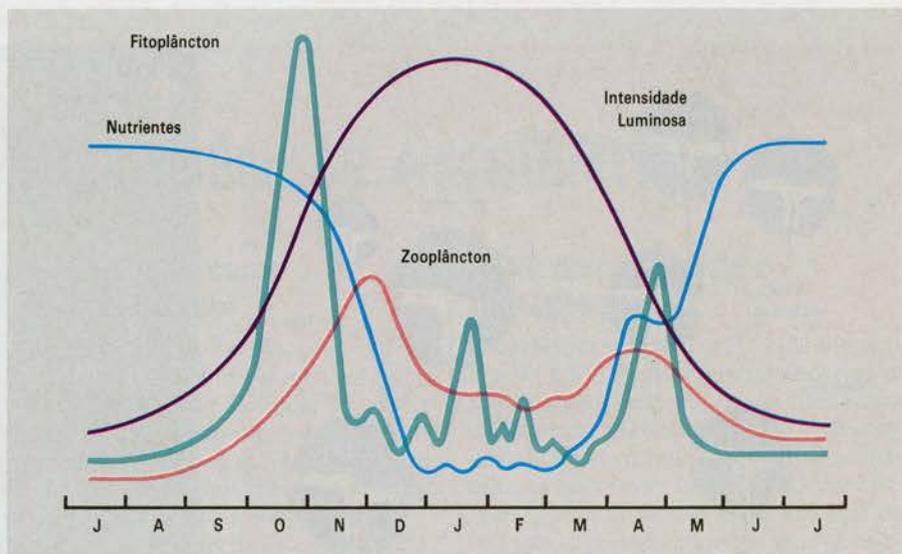


FIGURA 1. Variações sazonais da disponibilidade de nutrientes e de luz e sua correlação com a abundância do fito e do zooplâncton em mares temperados.

celulares excepcionalmente elevadas (de um milhão a um bilhão de células/litro). Produz-se assim uma mudança na coloração da superfície do mar, que pode assumir diferentes matizes (amarelo, laranja, vermelho, pardo...), de acordo com a natureza e o nível de concentração dos organismos presentes, e, sobretudo, segundo a quantidade e o tipo de pigmentos que contêm. A expressão 'maré vermelha', ainda que não

seja a mais apropriada para descrever esses fenômenos, tem origem popular e foi adotada pela maioria dos cientistas. Entre os diversos organismos que atuam como seus agentes causais, os dinoflagelados pequenos e arredondados, freqüentes portadores de fortes neurotoxinas, são os mais comuns.

Na dinâmica dos florescimentos planctônicos, distinguem-se três etapas: iniciação,

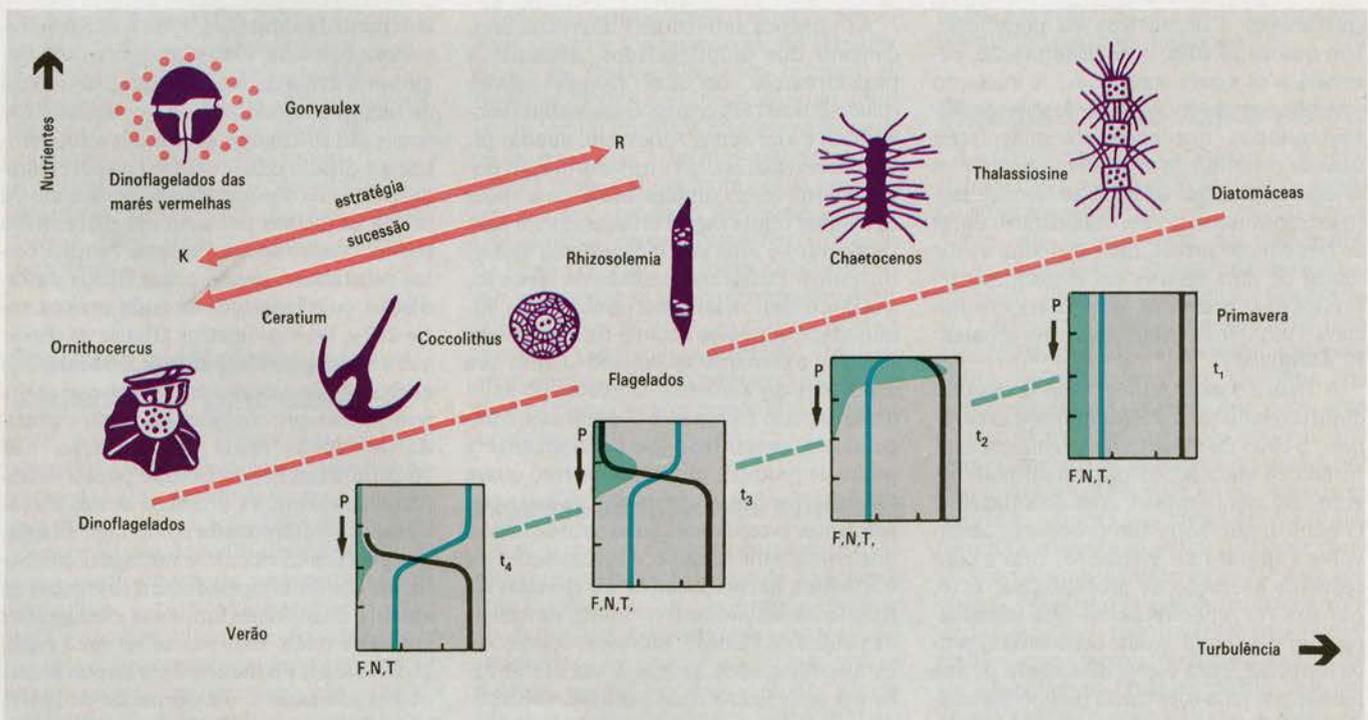


FIGURA 2. Esquema simplificado da seqüência principal da sucessão fitoplanctônica. Observa-se a sucessiva substituição de formas de vida que impõem sua estratégia reprodutiva (r) em ambiente ricos em recursos, por outras mais eficientes (k), capazes de explorar meios cada vez mais pobres em nutrientes em decorrência do consumo e da mistura vertical. A sucessão de espécies é causada pela diminuição de nutrientes na camada iluminada e pela turbulência que as acompanha. Os dinoflagelados formadores de marés vermelhas não passam de componentes menores dessa seqüência principal. Sua estratégia lhes permite explorar ambientes 'anômalos', em que se combinam altas concentrações de nutrientes e baixa turbulência. O esquema mostra, para diversos tempos (t_i), a concentração de nutrientes (N, linha negra), a temperatura (T, linha azul) e a abundância de fitoplâncton (F, zona verde), em função da profundidade da coluna oceânica (P). Modificado de R. Margalef, *Oceanologica Acta*, vol. 1. pp. 493-509, 1978.

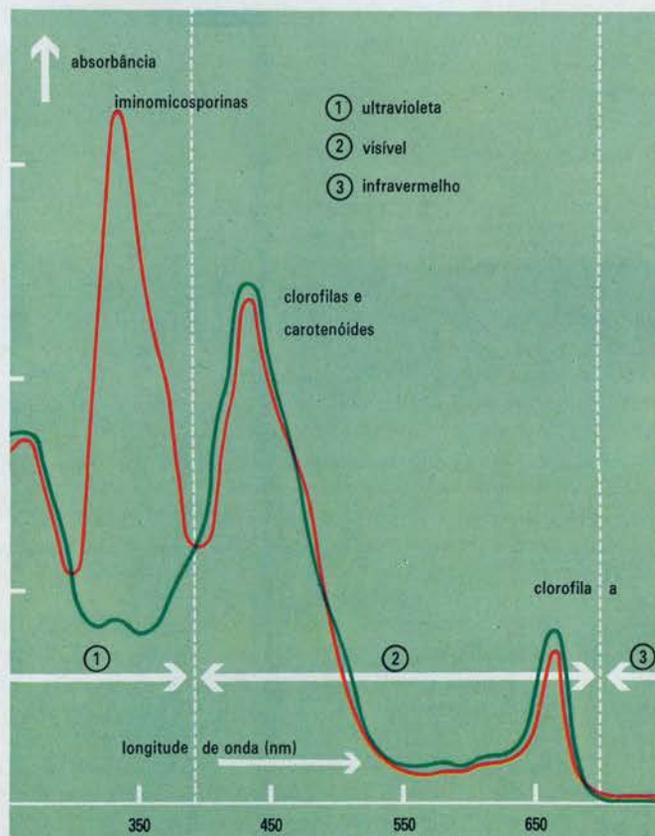
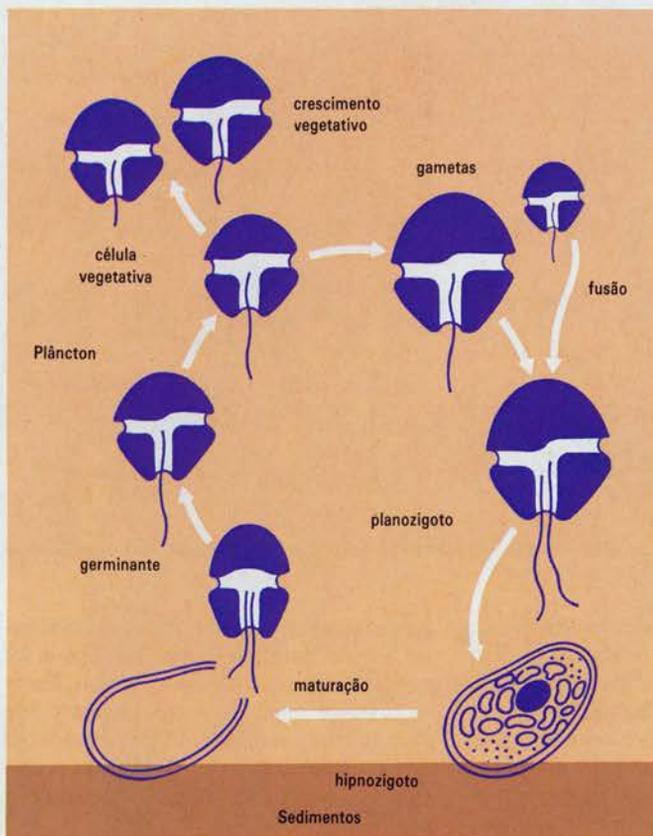


FIGURA 3. Ciclo de vida do dinoflagelado tóxico *Alexandrium excavatum*.

FIGURA 4. Espectros de absorção de extratos metanólicos de *A. excavatum*, segundo cresça em altas (●) ou baixas (●) intensidades luminosas.

crescimento e decadência da população. Um quarto estágio, o de acumulação, caracteriza as marés vermelhas. A iniciação está relacionada com o ciclo de vida dos dinoflagelados, que apresenta duas fases: uma de crescimento vegetativo por simples divisão celular, que dá lugar ao florescimento extraordinário desses organismos; outra de reprodução sexual, que possibilita a existência de uma reserva em estado latente, pronta para prover os exemplares que iniciarão uma nova proliferação no momento adequado.

A figura 3 exemplifica, com o caso do dinoflagelado tóxico *Alexandrium excavatum*, o ciclo de vida desses organismos. A fusão dos gametas dá origem ao planozigoto, um zigoto móvel, com dois flagelos. O planozigoto sofre um processo que envolve a ruptura do invólucro, com a consequente liberação de protoplasma. Este, por sua vez, envolto numa fina membrana, tem sua forma ovóide acentuada e, posteriormente, com o engrossamento de sua parede por uma substância polimérica muito resistente, se transforma num hipnozigoto ou cisto de repouso. Após um período obrigatório de maturação em repouso, a parede celular se rompe em um dos pólos e ocorre a germinação. O indivíduo expelido possui dois flagelos e, ao se dividir, repete as formas vegetativas iniciais.

As variáveis ambientais influem no crescimento dos dinoflagelados, afetando a transformação de suas formas móveis (planctônicas) em células enquistadas (bentônicas) e vice-versa. A despeito de suas fases intermediárias, essa transformação pode ser vista como simples alternância anual entre uma célula móvel biflagelada (primavera-verão) e uma célula bentônica imóvel (inverno). Passado o período de repouso, a mistura vertical leva essa célula à zona iluminada; restaura-se então a forma móvel e inicia-se o crescimento vegetativo. Mas que condições do ambiente favorecem o êxito dessa espécie frente a seus eventuais competidores, permitindo-lhe multiplicar-se a ponto de produzir um florescimento quase uniespecífico? A resposta parece estar nos ambientes excepcionais antes mencionados, que combinam elevadas concentrações de nutrientes, baixa turbulência e elevadas intensidades luminosas (ver 'Marés vermelhas na península Valdés'). Sob essas condições, os dinoflagelados, graças à sua mobilidade e a seu fototrofismo positivo, sobrepujam as diatomáceas. Sem mobilidade própria, estas tendem ao afundamento e, na ausência de turbulência, não conseguem chegar à camada iluminada, onde estão os nutrientes.

Numa etapa inicial, quando os nutrientes abundam, os dinoflagelados se acumu-

lam perto da superfície, onde a radiação luminosa é elevada. Essa estratégia parece exigir um sistema de fotoproteção, sobretudo da radiação ultravioleta, já que as doses naturais são suficientes para inibir a fotossíntese e a divisão celular. Observou-se recentemente que os dinoflagelados formadores de marés vermelhas possuem um mecanismo protetor capaz de cumprir essa função: certas substâncias atuam como filtros da radiação, cuja longitude de onda se situa entre 280 e 390 nanômetros (figura 4). Essas substâncias só parecem estar presentes em grupos de algas muito primitivas, que se desenvolveram provavelmente quando a camada de ozônio, ainda em formação, não constituía um filtro eficiente para a radiação ultravioleta. A presença desses mecanismos foi interpretada como uma adaptação genética que confere vantagens competitivas aos dinoflagelados em condições de elevada intensidade luminosa e longitudes curtas de onda. Esta parece ser uma explicação para a permanente correspondência observada entre a manifestação de marés vermelhas uniespecíficas e os ambientes excepcionais que descrevemos.

A exploração dos nutrientes de uma fina camada superficial do mar não explica o elevado número de células presentes na maré vermelha. Dois tipos de fenômeno pare-

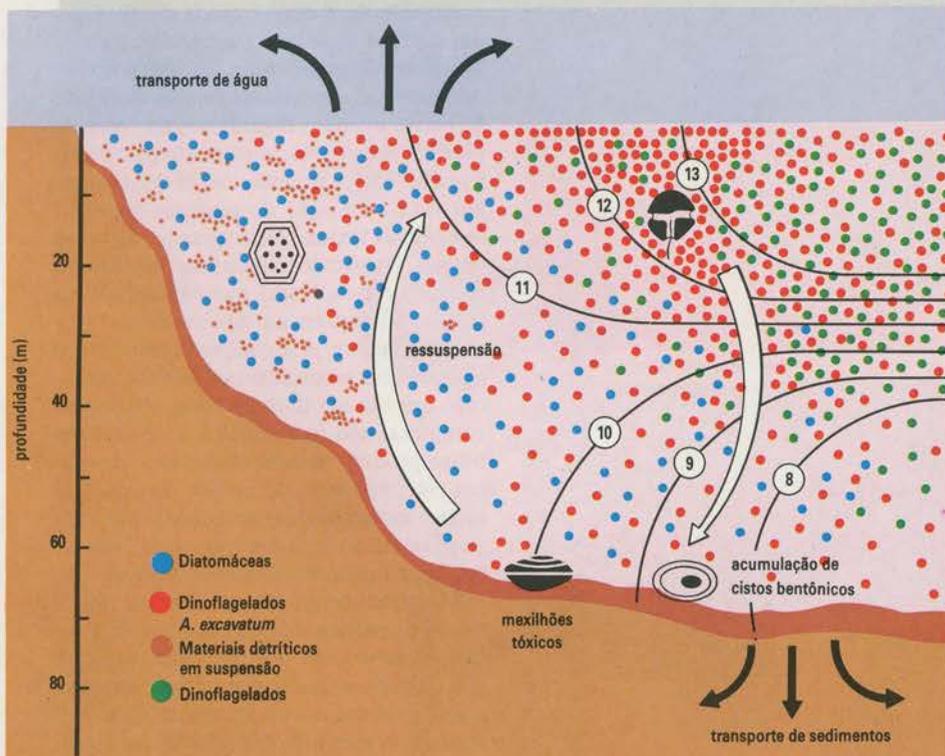
MARÉS VERMELHAS NA PENÍNSULA VALDÉS

Em 1980, a partir da morte de dois pescadores do barco *Constanza*, que operavam na zona da península Valdés, foi detectado o primeiro episódio de envenenamento por ingestão de moluscos bivalves no mar Argentino. Tanto a sintomatologia das intoxicações como a análise das toxinas indicaram a existência de 'veneno paralisante de moluscos' nos mexilhões da área. A presença do dinoflagelado *Alexandrium excavatum*, seu cultivo e posterior análise toxicológica permitiram identificá-lo como o organismo produtor daquelas toxinas.

A distribuição espacial desse organismo, na forma de manchas, estava relacionada com as acentuadas discontinuidades físico-químicas da área, até então despercebidas. Perto da costa, as águas eram mais frias e verticalmente homogêneas, ao passo que as mais distantes não só tinham uma temperatura superficial mais alta como eram marcadamente estratificadas. Entre ambas, pôde-se detectar uma estreita zona de transição, a que se dá o nome de 'zona frontal'. A ima-

gem infravermelha, produzida por satélite, ao indicar uma brusca variação da temperatura superficial, permite determinar a posição dessa zona. A presença nos sedimentos da área de numerosos cistos de repouso nos permitiu prever a repetição do fenômeno na primavera seguinte. Iniciou-se, então, um sistema de monitoração de toxinas em moluscos bivalves.

O corte perpendicular à costa — em que estão indicadas isotermas com temperaturas expressas em graus centígrados — apresenta uma visão esquemática do florescimento ocorrido em 1981. Nas águas costeiras, homogêneas, predominam as diatomáceas (pontos azuis) e material detrítico em suspensão (pequenos pontos em marrom). Nessa área, a distribuição homogênea das propriedades do meio é consequência da forte turbulência induzida pelas correntes de maré. Na camada superficial da área de transição, o predomínio do dinoflagelado tóxico *A. excavatum* (pontos vermelhos) é quase total. Na zona estratificada, ele se mistura a outro dinoflagelado heterótrofo (pon-



Corte vertical perpendicular à costa da região marinha. É precisamente nessa zona que ocorre a frente de marés.



A imagem infravermelha feita por satélite (AVHRR) permite observar a separação característica dos meses quentes entre as águas costeiras, de temperatura superficial mais baixa (tons claros), e as águas adjacentes, que têm temperatura mais alta (tons escuros).

tos verdes), que é seu predador.

O início de um novo florescimento supõe a ressuspensão e o transporte dos cistos presentes no sedimento até a zona iluminada. A expansão da área tóxica no verão de 1980-1981 pode ter tido origem no transporte dos cistos formados durante 1980. Outro mecanismo de dispersão é o transporte tanto de células vegetativas como de cistos de repouso pelos movimentos laterais da água. Finalmente, a 'chuva' de células tóxicas (vegetativas e cistos) é consumida pelos mexilhões do banco, que se tornam extremamente tóxicos. Novos estudos demonstraram que nesse sistema frontal se produzem também florescimentos de outras espécies de fitoplâncton não tóxico. As razões do predomínio de uma espécie tóxica ou de uma espécie não tóxica ainda permanecem desconhecidas.

cem assegurar a sobrevivência dessas grandes concentrações de microrganismos: as migrações verticais dos próprios dinoflagelados e a dinâmica do mar. Com relação às primeiras, cabe assinalar que, mesmo que os nutrientes tenham se esgotado durante o dia, os dinoflagelados permanecem na superfície, assimilando assim anídrico carbônico e, conseqüentemente, acumulando carboidratos. Essa reserva energética e a presença de enzimas capazes de reduzir os nitratos durante a noite lhes permitem submergir e explorar os nutrientes de camadas um pouco mais profundas. Esse ritmo migratório parece ser bastante complexo, pois, como foi observado experimentalmente, envolve comportamentos grupais. Essa pode ser a chave para explicar a distribuição em forma de manchas que em geral se observa numa maré vermelha.

O segundo fator assinalado, a dinâmica do mar, engloba fenômenos como correntes convergentes, frentes hidrográficas ou marés internas (figura 5). Sua importância determinante para o estado de acumulação é atestada pelo fato de que a quantidade de nitrogênio celular nas manchas mencionadas excede de muito ao que resultaria da assimilação do nitrogênio inicialmente existente na coluna d'água, o que prova que há ingressos vindos de fora da coluna. Nas marés vermelhas produzidas por organismos não fotossintetizadores, como ovos de pei-

xes, zooplâncton ou certos tipos de dinoflagelados, esses mecanismos físicos são os únicos responsáveis pelo fenômeno de concentração de material flutuante.

O estado de acumulação de uma maré vermelha pode durar de alguns dias a vários meses, dependendo do consumo feito pelos organismos predadores do zooplâncton. Um consumo reduzido está em geral associado a certas propriedades específicas das populações de flagelados, entre as quais a formação de mucilagem e de toxinas, bioluminescência e produção de metabolitos específicos com propriedades antibióticas, que não só protegem os predadores como podem até inibir o crescimento de outras espécies fitoplanctônicas. O processo pode ser interrompido por diversas causas, em especial pela limitação dos fatores que apontamos como necessários para o crescimento e a acumulação uniespecífica: a redução de nutrientes e certas modificações climáticas e hidrológicas.

O que ocorreu na zona da península Valdés ilustra a propagação das marés vermelhas por disseminação dos cistos de repouso, que podem ser transportados pelas correntes marinhas como finas partículas de sedimento. Mesmo que a superfície afetada tenha sido relativamente pequena, estudos posteriores demonstraram a existência de cistos dispersos por toda a área patagônica, até a latitude de Mar del Plata.

As marés vermelhas ocasionam a morte em massa de organismos marinhos por duas razões básicas. A primeira está relacionada com o consumo total do oxigênio dissolvido na coluna d'água, fenômeno causado pela respiração noturna e a decomposição final da massa de algas. Nessas condições, a maioria dos animais marinhos morre por anoxia, isto é, por falta de oxigênio. Se a área afetada é de grandes dimensões, ocorrem mortes em massa, especialmente das formas bentônicas, que têm uma mobilidade restrita. A segunda razão vincula-se ao fato de que algumas algas formadoras de marés vermelhas, em especial certos dinoflagelados, são produtoras de fortes toxinas. Essa circunstância se reveste de especial importância porque diferentes espécies de algas produzem toxinas distintas. Com base nisto, podemos fazer uma primeira e importante distinção sobre o perigo real que representam para o homem: as que atuam como venenos efetivos para a maioria dos organismos marinhos não têm, por razões óbvias, grandes possibilidades de chegar a afetá-lo; já aquelas que só têm efeitos nocivos sobre os vertebrados são extremamente perigosas, uma vez que se concentram em certos invertebrados marinhos sem prejudicá-los e podem, assim, chegar até o homem, que consome, por exemplo, moluscos bivalves.

Determinar a natureza das toxinas presentes nos microrganismos que causam (ou não) marés vermelhas é tarefa difícil. Uma das espécies mais bem conhecidas, o dinoflagelado *Gymnodinium* (= *Ptychodiscus*) *breve*, é responsável pela mortandade de peixes e outros organismos na costa da Flórida. Seus florescimentos chegam inclusive a ter efeitos secundários sobre o homem por via da inalação de aerossóis que contêm células tóxicas. Detectaram-se algumas poucas intoxicações humanas devidas ao consumo de moluscos que concentram as toxinas produzidas por *Gymnodinium breve*. Atualmente, já se conhecem pelo menos cinco toxinas produzidas por ele e foi constatado que sua estrutura química, extremamente complexa, não se assemelha à de nenhum outro produto natural conhecido. Apenas em 1981, por meio do estudo conjunto de quatro universidades norte-americanas, foi possível determinar a estrutura de uma delas, a chamada brevetoxina-B (figura 7).

Mas este não é o único caso que reflete o fato dramático de que essas toxinas, enquanto provocam por um lado prejuízos gravíssimos, resistem, por outro, a entregar a chave de sua estrutura íntima. Consideremos, por exemplo, a inusitada 'maré parada' ocorrida em 1985 na baía de Narragansett (EUA). O fenômeno teve efeitos devastadores sobre o zooplâncton e o mexilhão; além disto, provocou uma grande diminuição

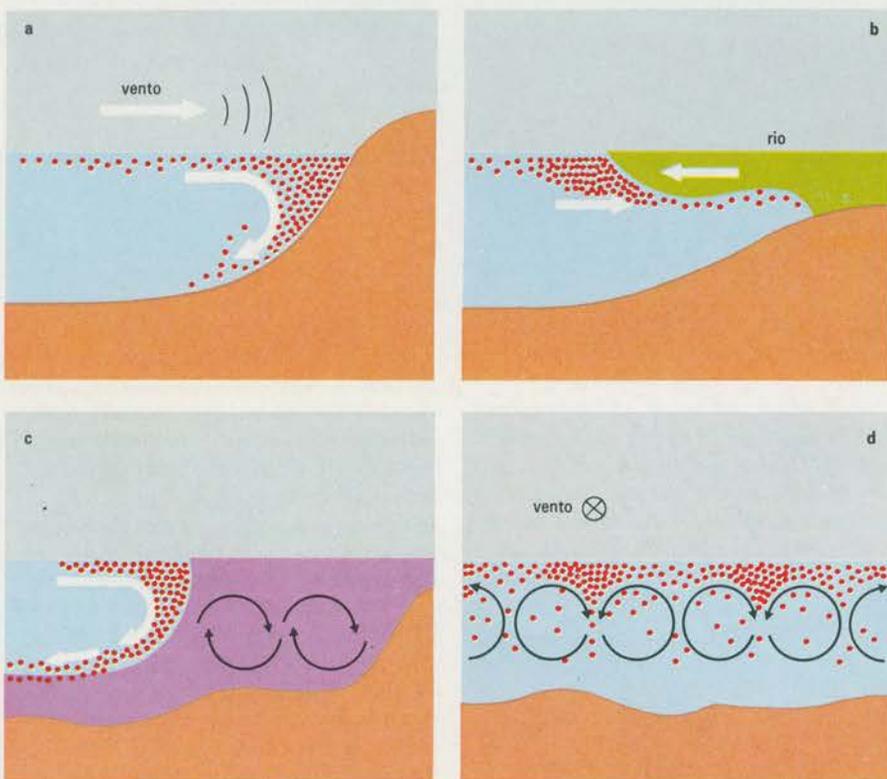


FIGURA 5. A acumulação de organismos por processos físicos ocorre nos pontos em que a água tende a descer, enquanto eles flutuam ou nadam rumo à superfície. Isto pode ocorrer por: a) efeito do vento; b) agregação de um fluxo de água; c) ação de fortes marés; d) formação de células de Langmuir sob a ação de ventos moderados (perpendiculares à superfície).

ção das larvas bentônicas, dos bancos de algas macrófitas e da anchova. A espécie responsável — o flagelado *Aureococcus anorexefferens* — foi identificada, mas a natureza de suas toxinas é desconhecida.

Em maio de 1988, na costa da Suécia, da Noruega e da Dinamarca, ocorreu um florescimento excepcional de um flagelado até então inadvertido pelos planctólogos: *Chrysochromulina polylepis*. O fenômeno teve por resultado uma mortandade de peixes naturais e de cultivo, de invertebrados e de algas macroscópicas. Embora sua natureza seja também ignorada, parece que a toxina atua sobre a membrana celular, destruindo-a. Estas e outras anomalias recentemente constatadas fizeram com que a IV Conferência Internacional de Dinoflagelados Tóxicos fosse rebatizada de IV Conferência Internacional sobre Fitoplâncton Marinho Tóxico, de modo a incluir os novos episódios.

Um grupo de espécies de dinoflagelados, sobretudo do gênero *Gonyaulax* (= *Alexandrium*) produz um dos venenos mais poderosos que se conhecem. Embora referidas sob o nome genérico de 'veneno paralisante de moluscos', constituem de fato um grupo de, pelo menos, 13 toxinas diferentes (figura 7b). Todas estão estruturalmente relacionadas com a saxitoxina, cuja es-

trutura foi determinada em 1975, depois que foi isolada e purificada da amêijoia gigante do Alasca (*Saxidomus giganteus*). Essas toxinas são poderosos venenos que bloqueiam o sistema nervoso central (centro respiratório e vasomotor) e o sistema nervoso periférico (união neuromuscular, terminações cutâneas, táteis etc.), produzindo uma depressão respiratória que pode causar colapso cardiovascular por depressão do miocárdio ou morte por anoxia. Os vertebrados são particularmente sensíveis a essas toxinas, bem como alguns invertebrados. Os moluscos bivalves, entretanto, mostram-se extremamente resistentes a elas, o que lhes permite alimentar-se com algas tóxicas e, o que é mais perigoso, acumular a toxina em suas glândulas e tecidos. Por isso os moluscos bivalves representam um gravíssimo perigo nas áreas em que florescem esses dinoflagelados; em casos extremos, a ingestão de dois ou três é suficiente para provocar uma intoxicação fatal.

A capacidade que têm os dinoflagelados de sintetizar esse tipo de toxinas não difere apenas segundo o gênero e a espécie — há também diferenças no nível intra-específico. Esta é uma complicação adicional, uma vez que diferentes cepas de uma mesma espécie podem ser ou não produtoras de toxinas. Recentemente constatou-se que uma cianófito de água doce, *Aphenizomon flosaquae*, e uma alga vermelha multicelular, *Jania* sp, também as produzem. Essa distribuição tão ampla e ao mesmo tempo aleatória da capacidade de produzir tais toxinas parece estar relacionada com a presença de certas bactérias intracelulares.

Outro tipo de intoxicação, chamado 'envenenamento diarréico por moluscos', tem origem no crescimento limitado (de 2,10 a 4,10 células/litro) de alguns dinoflagelados do gênero *Dinophysis* (*D. acuminata*, *D. fortii*). Embora esses organismos não se reúnam em grandes populações, os moluscos bivalves têm a capacidade de concentrar as toxinas que eles eliminam e, quando ingeridos, causam distúrbios gastrintestinais que em geral duram um ou dois dias. A estrutura dessas toxinas foi recentemente elucidada, o que permitiu agrupá-las em dois tipos principais (figuras 7c e 7d).

Torna-se imprescindível, portanto, distinguir os fenômenos das marés vermelhas dos de toxicidade, ainda que, em muitos casos, ambos estejam associados. Uma maré vermelha pode ser causada pelo florescimento excepcional de uma espécie não tóxica, e a toxicidade de moluscos bivalves pode ser resultado da acumulação de toxinas produzidas por um dinoflagelado presente em concentrações relativamente pequenas. A associação dos dois fenômenos, isto é, uma maré vermelha tóxica, é uma situação excepcional e de extremo perigo para a biota e a saúde da população.

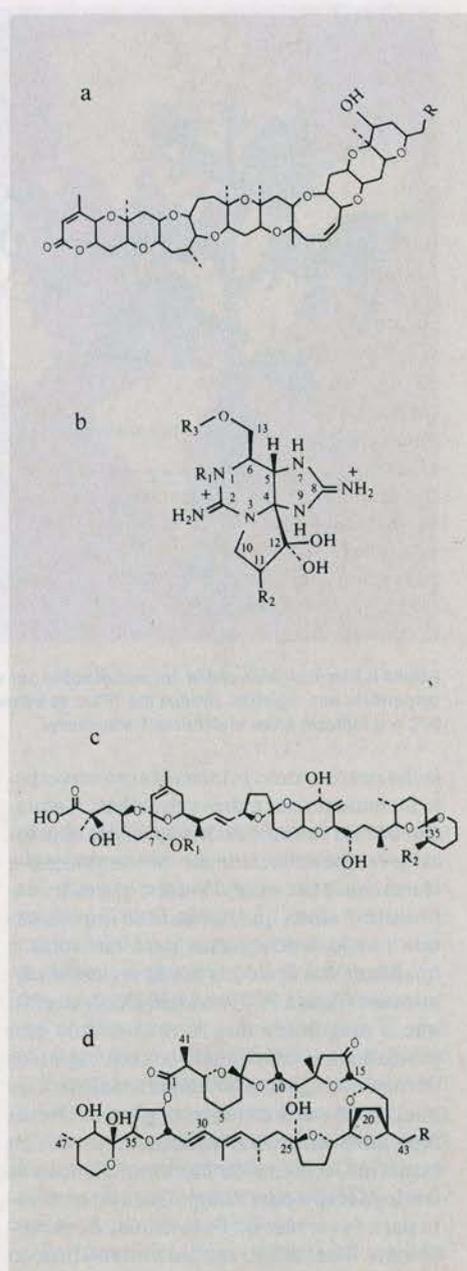


FIGURA 7. Estrutura geral de algumas toxinas produzidas por dinoflagelados: a) neurotoxinas do grupo da brevetoxina-B; b) neurotoxinas do grupo da saxitoxina; c) toxinas diarréicas do grupo okadaico; d) toxinas diarréicas do grupo das pectenotoxinas.

As marés vermelhas parecem ser, em nossos dias, um fenômeno em expansão (figura 8). Deve-se assinalar, no entanto, que nos falta a informação necessária para poder assegurar que as alterações hoje registradas são exclusivas de nosso tempo, já que poderíamos estar atravessando uma fase dentro de um ciclo normal de longa duração. É inegável, porém, que a expansão existe e que o problema é grave e de absoluta atualidade.

Uma das explicações mais bem fundamentadas aponta a contaminação das águas nas zonas costeiras ou de estuário de circu-

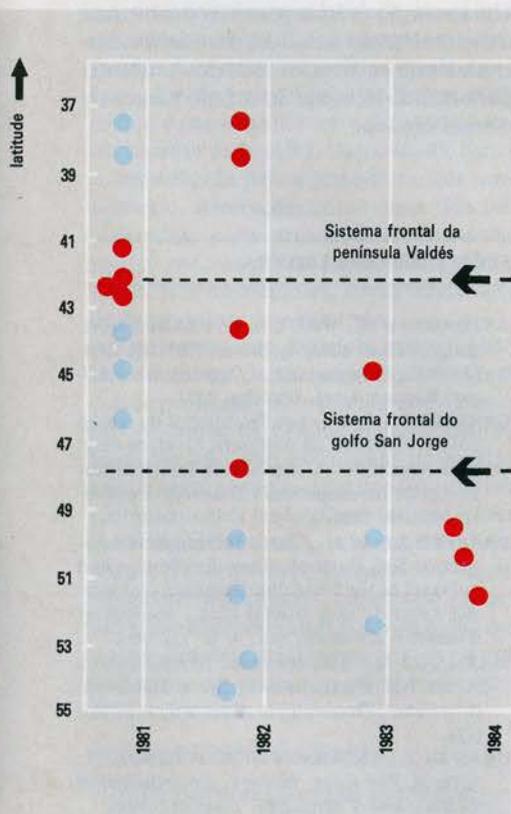


FIGURA 6. Expansão da área tóxica no mar Argentino durante o período 1980-1984. Os pontos vermelhos correspondem a amostragens que revelaram toxicidade; os pontos azuis correspondem a amostragens que não a revelaram.

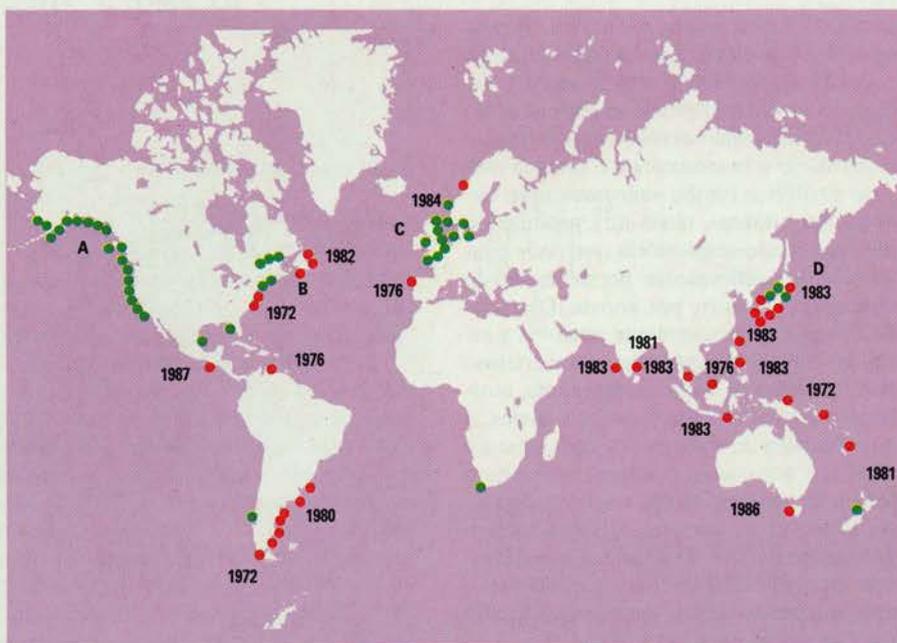


FIGURA 8. Distribuição mundial das intoxicações por veneno paralisante de moluscos. Os pontos verdes correspondem aos registros obtidos até 1972 e os vermelhos aos obtidos de 1972 até o momento. As letras A, B, C e D indicam áreas endêmicas tradicionais.

lação restrita como principal responsável pelo incremento das marés vermelhas. A situação do mar interior do Japão ilustra bem essa correspondência entre contaminação e florescimentos excepcionais; permite demonstrar ainda que, quando se implementam medidas adequadas para melhorar a qualidade das águas, as marés vermelhas diminuem (figura 9). Essa experiência sugeriu que a magnitude dos florescimentos está parcialmente relacionada com os ingressos de matéria orgânica (vitaminas e substâncias quelantes) e de nutrientes orgânicos. Nessa área, como em outras baías semifechadas ou estuários, o efeito da hipernutrição se conjuga com a estabilidade física do ambiente para favorecer os florescimentos excepcionais. Mas, se isto explica a intensificação do fenômeno, não permite compreender a frequência crescente de marés vermelhas em áreas pouco atingidas pela contaminação. O que ocorreu em 1980 no mar Argentino, em frente à península Valdés, é um bom exemplo dessa circunstância.

Recentemente se sugeriu, a título de hipótese, a possível conexão entre o desenvolvimento de marés vermelhas e o incremento da radiação ultravioleta decorrente da diminuição da camada de ozônio. Essa teoria se baseia no fato de que os dinoflagelados, como outros organismos primitivos, existiam nos tempos em que essa camada estava em formação e provavelmente desenvolveram, então, sistemas de proteção contra a luz ultravioleta. Mas já abordamos esse assunto.

Para diminuir ou eliminar os efeitos nocivos das marés vermelhas, torna-se absolutamente imprescindível implementar sis-

temas de predição e controle. Embora vários modelos tenham sido propostos, a predição dos fenômenos continua apresentando inúmeras dificuldades. O caráter tipicamente monoespecífico desses florescimentos aparentemente facilita o trabalho, já que permite utilizar o padrão ecológico da espécie como representante de toda a comunidade. No entanto, como cada espécie tem um comportamento distinto, os mo-



FIGURA 9. Relação entre o número de marés vermelhas detectadas no mar interior de Seto, no Japão, e os processos de contaminação da água.

delos desenvolvidos para uma delas em geral não se aplicam às demais ou a áreas com diferentes condições físico-químicas. Um fator adicional de complicação é a diversidade genética das espécies formais.

Em alguns casos, como no Japão na década de 1930, procurou-se controlar as marés vermelhas pela adição de sulfato de cobre à água em que se realizavam experiências com ostras cultivadas. Embora os dinoflagelados sejam mais sensíveis que as diatomáceas e outros organismos marinhos ao efeito tóxico do cobre, a reduzida especificidade deste o torna inapropriado. O desenvolvimento de outros agentes químicos tampouco foi bem-sucedido, uma vez que não se conhece nenhum que seja letal unicamente para os dinoflagelados. Por outro lado, sua utilização prática revelou-se antieconômica, mesmo em áreas semifechadas de dimensões reduzidas. O desenvolvimento de um controle biológico, que seria sem dúvida preferível ao controle químico, por enquanto permanece no âmbito especulativo.

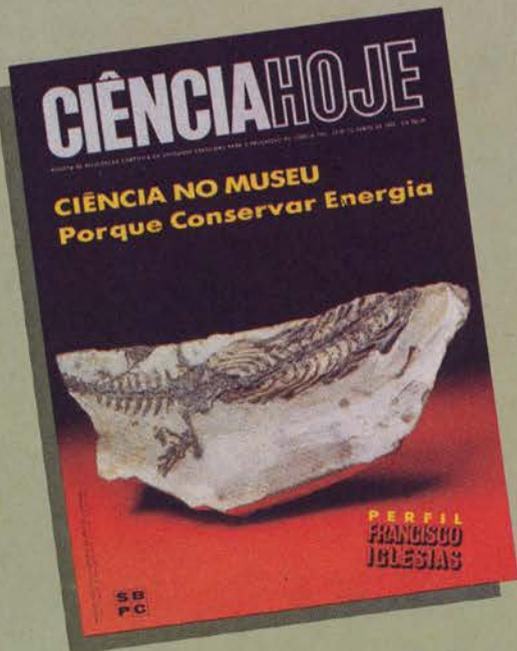
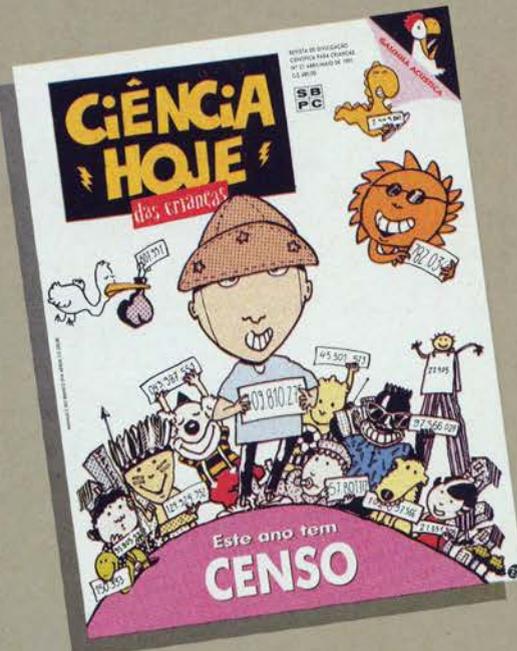
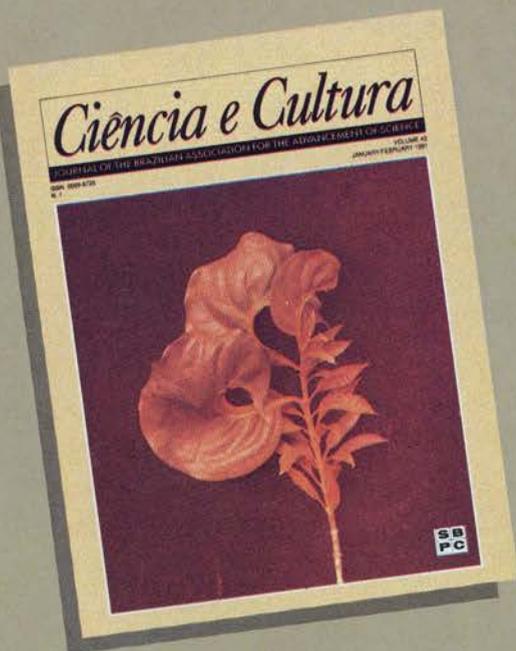
No momento, o único meio para prevenir as intoxicações humanas é o controle permanente das populações de moluscos bivalves. Esse sistema não soluciona, contudo, a questão das perdas econômicas resultantes dos períodos de interdição da pesca, que em muitos casos são prolongados. Uma solução prática para este problema é a desintoxicação induzida, em escala industrial. Entre os diversos métodos existentes para realizá-la, o uso do ozônio parece ser o mais efetivo.

SUGESTÕES PARA LEITURA

- ANDERSON D. M., WHITE A. W. e BADEN D. G. (orgs.), *Toxic dinoflagellates*. Elsevier, 1985.
- BALECH E., *Introducción al fitoplancton marino*. Buenos Aires, Eudeba, 1977.
- CARRETO J. I. et al., 'Los fenómenos de marea roja y toxicidad de moluscos bivalvos en el Mar Argentino'. Contribución Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, n.º 399, 1981.
- CARRETO J. I. et al., 'Toxic red tide in the Argentine Sea. Phytoplankton distribution and survival of the toxic dinoflagellate *Gonyaulax excavata* in a frontal area', *Journal of Plankton Research*, vol. 8, p. 15, 1986.
- MARGALEF R., 'Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment', *Oceanologia Acta*, vol. 1, p. 493, 1978.
- OKAICHI T., ANDERSON D. M. e NEMOTO T. (orgs.), *Red-tides: biology*, *Environmental Science and Toxicology*. Elsevier, 1988.
- TAYLOR F. J. R. (org.), *The biology of dinoflagellates*. Blackwell, 1987.

• Publicado originalmente em *Ciência Hoy* n.º 4. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges.

A SOBREVIVÊNCIA DA CIÊNCIA



ASSINE JÁ

São Paulo Tel.: (011) 211-5008 211-0933
Rio de Janeiro Tel.: (021) 270-0548 590-7592

HERMAN LENT

O CAVALEIRO DE MANGUINHOS

Entrevista concedida a JOSÉ JURBERG (Focruz), MOACYR VAZ DE ANDRADE (Universidade Santa Úrsula) e ALICIA IVANISSEVICH (Ciência Hoje)

PERFIL

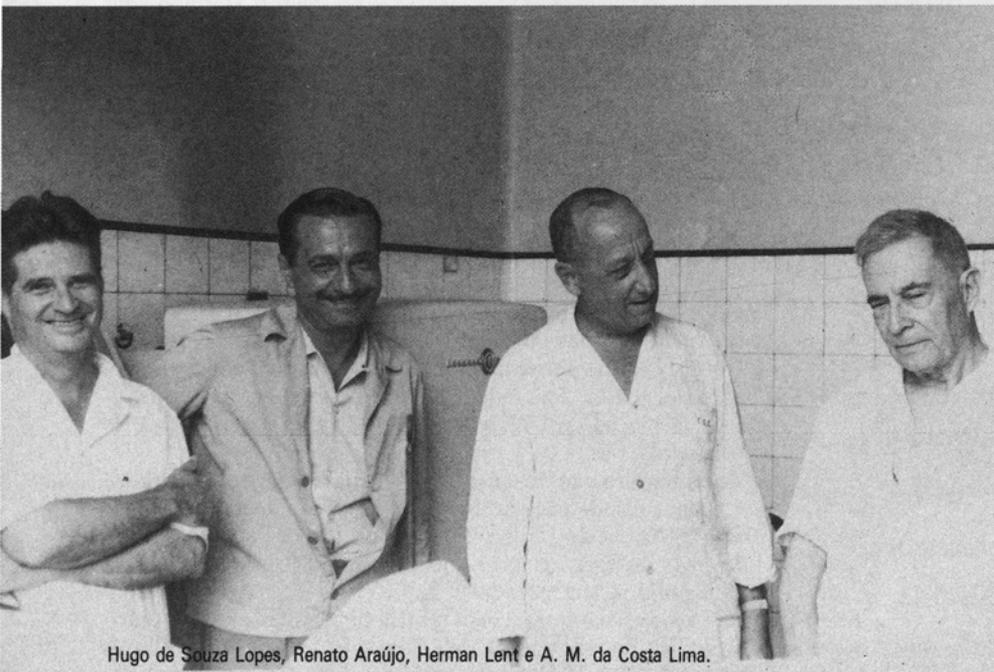
Quando se pensa na vida de um cientista que aos 80 anos continua lecionando e pesquisando o misterioso mundo dos insetos, não se pode deixar de sentir um misto de surpresa e admiração, não apenas por sua respeitável obra, mas principalmente pela teimosia e esperança com que se dedica ao cotidiano ato de viver. Um de seus amigos e companheiros de trabalho, Moacyr Vaz de Andrade, muito bem define esta personalidade rara quando se refere a ele como “uma espécie de cavaleiro da Idade Média, sem medo e sem mácula”. De fato, o professor Herman tem várias vitórias na sua história profissional. Além de haver publicado 194 artigos nas áreas de entomologia e helmintologia, foi um defensor incansável da criação do Ministério da Ciência e do tempo integral para a pesquisa e o ensino dentro da universidade. Membro fundador da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e titular da Academia Brasileira de Ciências desde 1966, recebeu, em 1972, o prêmio Costa Lima, a maior lãurea nacional da área de entomologia. Outro fato que depõe a seu favor é ter sido cassado pela ditadura em 1970, quando a atividade de investigação científica era vista como ‘obra de comunistas’, dentro do episódio que chamou de ‘massacre de Manguinhos’. Seu ar de distanciamento e reserva chega até a inspirar medo às pessoas desavisadas. Mas quem bem o conhece, conta Vaz de Andrade, sabe que o professor Herman é uma criatura com características extraordinárias e que por trás do tímido recolhimento esconde um lado muito brincalhão.

A diferença de muitos cientistas brasileiros, Herman Lent não parece ter manifestado uma forte vocação para a pesquisa quando criança. Seu pai era cidadão russo, comerciante de jóias, emigrado, como sua mãe, de uma região vizinha à cidade de Lodz, na Polônia. Para proporcionar ao filho boa educação, matriculou-o, por influência de Dulcídio Pereira, engenheiro muito importante na época, no Colégio Militar do Rio de Janeiro, de onde sairia em 1928 com o título de agrimensor. Desde essa época, Lent se aborrecia muito com o sistema militar e, assim que acabou o colégio, entrou para a Faculdade de Medicina da Universidade do Rio de Janeiro, hoje UFRJ. Não que gostasse de clinicar — nunca exerceu a profissão de médico —, mas na época não existia faculdade de ciências naturais. Só em 1935, por inspiração de Anísio Teixeira, seria criada a Universidade do Distrito Federal (UDF), reunindo, de maneira análoga ao que ocorria na formação da Universidade de São Paulo, pesquisadores estrangeiros.

Já no terceiro ano do curso de medicina, começou a se interessar pelas aulas de parasitologia dadas por A. Azeredo Pacheco Leão, ex-diretor do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Foi por referência de Pacheco Leão que se dirigiu diretamente ao Instituto Oswaldo Cruz, para falar com o então diretor, Carlos Chagas, e expor seu interesse pela técnica do xenodiagnóstico (diagnóstico indireto da doença de Chagas no homem, feito através do vetor, o barbeiro), desenvolvida por um pesquisador francês, Emile Brumpt. O ‘velho Chagas’ convidou-o a fazer o curso de aplicação do instituto, destinado a estudantes de medicina de quinto e sexto anos. Ele estava abrindo uma exceção para um aluno com apenas 20 anos, que mais tarde se tornaria um pesquisador ilustre.

Durante o período de dois anos de curso, Lent sentiu-se atraído pelas aulas de seu querido professor, Lauro Travassos, helmintologista reconhecido internacionalmente. Foi no laboratório de Travassos, junto com um colega, João Ferreira Teixeira de Freitas, que começou sua carreira de pesquisador. Naquela época não havia bolsas de estudo nem salários para estudantes. Ainda não existia a avenida Brasil e o acesso ao instituto era por trem. O único atrativo era o trabalho. Apesar das dificuldades e da exigência da faculdade, Lent passava todas as tardes em Manguinhos, trabalhando em helmintologia, principalmente em taxonomia e biologia de helmintos. A pesquisa nessa área envolvia uma série de outros estudos. Os helmintos são animais parasitas de mamíferos, aves e peixes. Para obtê-los é preciso capturar os animais parasitados, matá-los e necropsiá-los, e só então se podem coletar os helmintos existentes em seus diversos órgãos. Tais estudos dariam frutos em 1934, quando Lent publicou, em colaboração com Teixeira de Freitas, seus primeiros artigos sobre taxonomia e sistemática de helmintos. Naquele mesmo ano, formou-se em medicina, sendo admitido como assistente do instituto em meados de 1936.

Com a criação da UDF, em 1935, seria chamado por Travassos para trabalhar na Escola de Ciências da universidade, experiência que duraria pouco. Dois anos depois, a UDF era cassada e Getúlio Vargas baixava um decreto impedindo o acúmulo de cargos. Lent não teve dúvida: optou por Manguinhos. Esse também foi o ano em que começou a estudar os transmissores da doença de Chagas, motivado pelo trabalho de Arthur Neiva, primeiro pesquisador a identificar o barbeiro como o transmissor da doença. Neiva, fundador do Instituto Biológico de São Paulo e governador da Bahia durante seis meses, simpatizou com ele e o atraiu para o estudo dos barbeiros. Lent resolveu criar bar-



Hugo de Souza Lopes, Renato Araújo, Herman Lent e A. M. da Costa Lima.

• *Dedicou a maior*
 • *parte de seus dias à*
 • *ciência básica, mas*
 • *constam de sua*
 • *carreira alguns*
 • *trabalhos de pesquisa*
 • *aplicada, como a ação*
 • *do DDT em barbeiros*
 • *e o uso de uma*
 • *aranha no controle*
 • *biológico da broca*
 • *do fumo.*

beiros em laboratório, alimentando-os com sangue de pombos ou galinhas. Obteve várias gerações de barbeiros vivos de espécies diferentes (hoje se encontram cerca de 50 espécies vivas na Fiocruz), material de grande importância para o estudo dos ciclos biológicos desses insetos. Passaria anos identificando barbeiros, verificando seu grau de infestação pela doença de Chagas, conhecendo sua biologia e seus hábitos alimentares.

De 1934 a 1948 Lent publicou diversos trabalhos sobre helmintos, junto com Teixeira de Freitas, e sobre insetos hemípteros (providos de aparelho bucal sugador, causadores de doenças no homem), com Neiva, Manoel Cavalcanti Proença ou sozinho. A partir de 1948, trabalhou em entomologia, associado ao seu discípulo Pedro Wygodzinsky, hoje falecido, com quem chegou a publicar numerosos artigos sobre insetos predadores, principalmente hemípteros do gênero *Zelurus*.

Embora dedicasse a maior parte de seus dias à ciência básica, constam na sua carreira alguns trabalhos de pesquisa aplicada. Durante a Segunda Guerra Mundial, quando foi divulgado que o DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) atuava sobre insetos e que tinha sido usado pelos norte-americanos, na invasão de Nápoles, contra a epidemia de tifo exantemático, Lent iniciou uma pesquisa para verificar qual seria a ação do DDT em barbeiros. O trabalho consistia em dar a galinhas grandes doses do inseticida, para que circulasse em seu sangue sem matá-las, e culminou com a publicação dos resultados: os barbeiros que sugavam o sangue com DDT morriam em consequência do inseticida.

Outro exemplo de estudo aplicado à indústria ocorreu em 1961, quando Lent foi procurado por um funcionário da empresa Souza Cruz, uma multinacional fabricante de cigarros. A empresa buscava uma solução para a proteção das folhas de fumo em estoque, que estavam sendo estragadas por uma broca (coleóptero) resistente aos inseticidas empregados. O funcionário tinha observado, nos armazéns, que entre os sacos de fumo havia muitas teias de aranha cheias dessas brocas. Interessado no assunto, Lent viajou para Salvador e Porto Alegre, onde se encontravam os prin-

cipais armazéns, acompanhado de um colega do instituto, S. J. de Oliveira. A pesquisa daria origem a dois trabalhos sobre a possibilidade do uso da aranha *Uloborus gemiculatus* no controle biológico da broca *Lasioderma serricorne*. Um desses estudos não pôde ser concluído por causa do golpe de 1964.

Herman Lent publicou também, junto com o médico Mauro Penna, otorrinolaringologista, um estudo sobre o verme *Syngamus*, parasita de aves, cuja presença foi detectada na mucosa da laringe de um paciente. Lent defende que quem faz pesquisa básica não pensa nas aplicações futuras: "cada pesquisador, com seu trabalho, coloca um tijolinho naquele que será o grande muro da ciência".

O professor trabalharia no instituto durante 39 anos, até ser casado, com base no ato institucional nº 5, em abril de 1970. Seis anos antes, em junho de 1964, o general Castelo Branco, empossado na Presidência da República pelo movimento militar, havia afastado o então diretor de Manguinhos, Joaquim Travassos da Rosa, para substituí-lo por F.P. Rocha Lagoa, segundo Lent "um médico medíocre, que não possuía credencial como pesquisador". Apesar das pressões exercidas por Rocha Lagoa, que tempos depois seria reconhecido como o vilão da história, os cientistas continuaram a trabalhar por seis anos, publicando os resultados de suas pesquisas e apresentando-os em simpósios, congressos e sociedades científicas.

"Sempre fez parte de nós um espírito de luta", comenta Lent. "Não concordávamos com os desmandos de Rocha Lagoa e repelíamos publicamente suas acusações, protestando, junto a instituições científicas, órgãos de assessoramento e de informação, contra a discriminação que sofríamos. Logo fomos apelidados de 'subversivos', respondemos a inquéritos humilhantes e desprimorosos, que nos obrigaram a desmascarar acusadores, e fomos previamente eliminados dos conselhos e das direções técnicas, perdendo a oportunidade de formar jovens pesquisadores. Fomos objetivamente apontados com desconfiança proposital-

mente estabelecida e que nunca chegou a ser confirmada”, relata. Durante os anos que se seguiram à revolução, diversos artigos escritos por cientistas, como o próprio Lent, Haity Moussatché e Ezio Fundão, foram publicados na imprensa criticando a pressão exercida sobre a pesquisa no instituto.

No governo do general Emílio Médici, empossado em 1969, Rocha Lagoa seria nomeado ministro da Saúde e consolidaria sua perseguição inflamada aos pesquisadores de Manguinhos. Através de decreto publicado no Diário Oficial de 2 de abril de 1970, dez dos cientistas mais importantes da instituição teriam seus direitos cassados por dez anos, estariam sumariamente aposentados e obrigados a abandonar seus locais de trabalho, impedidos de exercer sua profissão, a de ensinar e pesquisar, em qualquer centro científico do país. “Éramos proibidos de ir a Manguinhos”, conta Lent. “Certa vez precisei consultar um livro da biblioteca, mas o diretor do instituto negou meu pedido. Era Oswaldo Cruz Filho. Imaginem, com esse nome!”, lamenta. “Havia quem ficasse nauseado só de passar na avenida Brasil. Tal era a lástima que se tinha pelo que aconteceu conosco”.

Em editorial publicado no dia 4 de abril de 1970, com o título “Servidores da vida”, o *Jornal do Brasil* comentava com ironia a cassação: “...não se sabe com exatidão por quê. Sabe-se que não são terroristas e que nem pertencem ao Esquadrão da Morte. Trabalham em laboratórios e o correto seria talvez dizer que pertencem ao diminuto esquadrão dos que pesquisam a vida entre nós. Todos trabalham há muitos anos em Manguinhos. Todos têm nome conhecido no mundo da ciência internacional. Estariam esses cientistas tramando uma guerra bacteriológica? Nesse caso, deviam estar presos e não apenas sofrendo uma degradação de sua cidadania. A notícia das cassações mergulha o país em perplexidade. De certo só se sabe que em breve os punidos estarão em Harvard, em Cambridge ou na Sorbonne, e que o Brasil terá ficado mais pobre”.

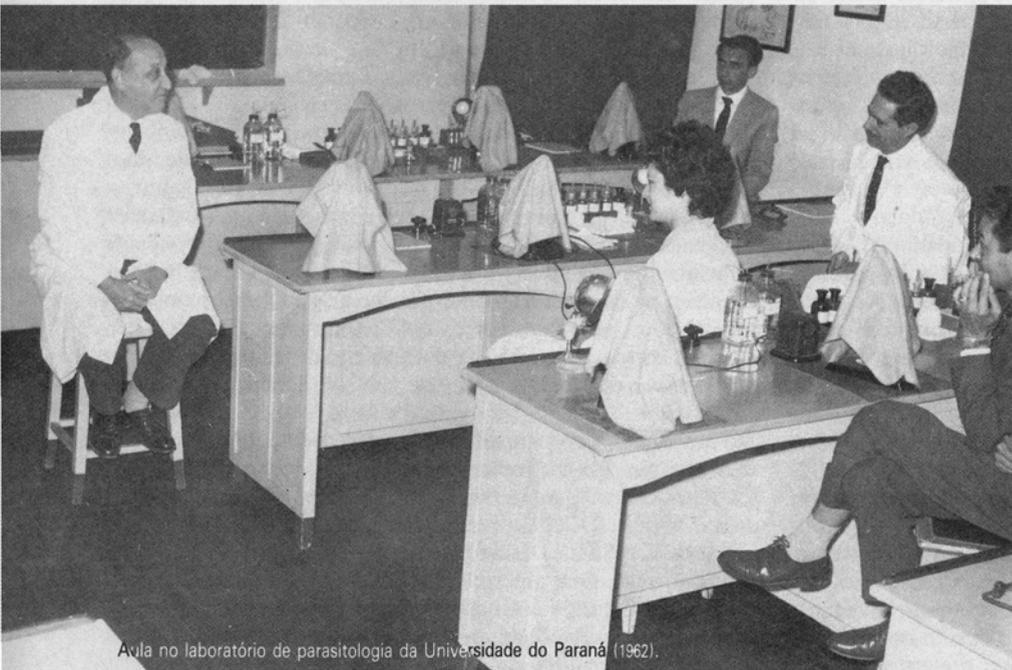
Foi um verdadeiro “massacre”. Herman Lent, em livro publicado pela Editora Avenir em 1978 — *O Massacre de Manguinhos*, título que a partir de então foi adotado pela comunidade cientí-

fica para expressar o desmantelamento do Instituto Oswaldo Cruz —, escreveria: “Rocha Lagoa não foi realmente o ‘coveiro’ de Manguinhos. Foi o ‘assassino’ da instituição. O ‘cadáver’ continua insepulto na avenida Brasil”. Anos mais tarde, em artigo na revista *Ciência e Cultura* (nº 35, 1983), contou como a instituição ficou “entregue à tecnocracia dos planos e projetos, às obras, consertos, reformas, remendos e fachadas, nas garras de uma burocracia feroz numericamente espantosa, enquanto, no dizer de seus próprios dirigentes, o descrédito e a desconfiança dos pesquisadores científicos impedia qualquer possibilidade de recuperação”.

Segundo Lent, a destruição não se limitou ao afastamento dos dez cientistas cassados; outras pessoas também foram deslocadas do instituto, deixando de contribuir para o desenvolvimento da ciência, como Laerte Manhães de Andrade, Jorge Guimarães, Mario Vianna Dias, Charles Esberard, Emilio Mitidieri, Otilia Afonso e Artur Ramos, entre outros.

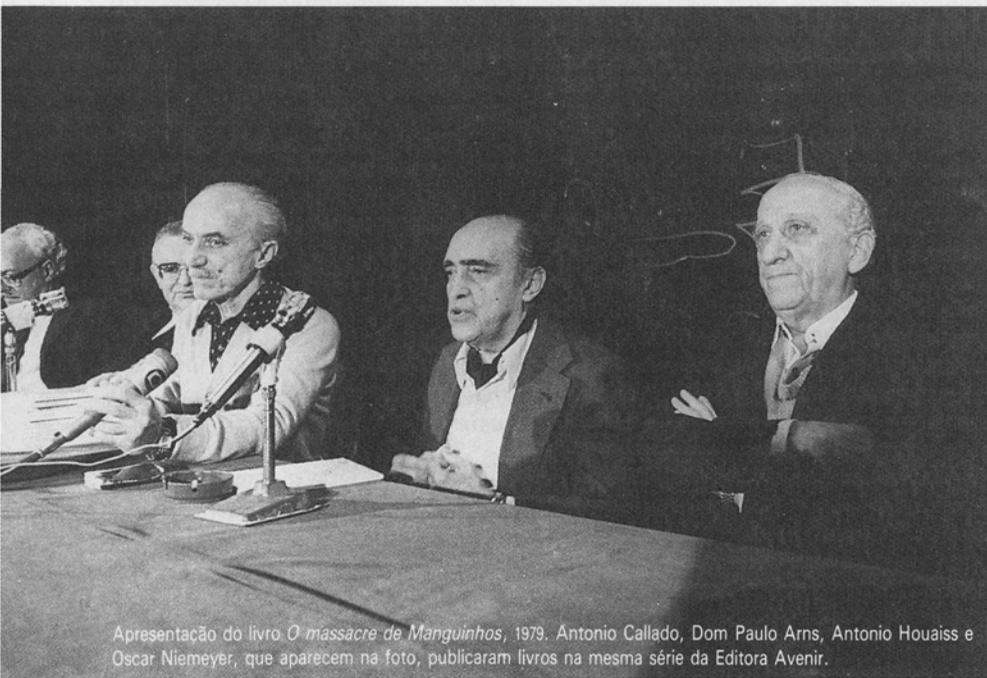
A partir de então, cada cientista procuraria se amparar de alguma forma para poder sobreviver. Nos dois primeiros anos após a cassação, Lent trabalhou em algumas traduções, numa série de *kits* científicos que a Editora Abril produziu, e em outras ocupações esporádicas. No final de 1972 recebeu convite para trabalhar na Universidade de Los Andes, em Mérida, Venezuela, como professor de pós-graduação. Acompanhado de sua esposa, ali permaneceu até 1974, lecionando parasitologia, orientando jovens professores e constituindo um insetário de hematófagos no laboratório que posteriormente receberia seu nome.

Lent ficaria na Venezuela por mais tempo se não aceitasse um oferecimento muito sedutor de seu amigo e ex-aluno, Wygodzinsky, que se encontrava então no Museu Americano de História Natural, em Nova York. Nos Estados Unidos, permaneceria por sete meses, trabalhando no levantamento e identificação de barbeiros de diversas regiões do mundo, emprestados ao museu. Com a ajuda da Fundação Rockefeller, os dois cientistas publicariam, em 1979, uma revisão geral sobre as espécies conhecidas de triatomídeos e algumas novas, que eles descreveram. Segundo



Aula no laboratório de parasitologia da Universidade do Paraná (1962).

• “Apelidados de
• ‘subversivos’,
• respondemos
• a inquéritos
• humilhantes e
• desprimorosos
• e fomos previamente
• eliminados dos
• conselhos e das
• direções técnicas,
• perdendo a
• oportunidade de
• formar jovens
• pesquisadores.”



Apresentação do livro *O massacre de Manguinhos*, 1979. Antonio Callado, Dom Paulo Arns, Antonio Houaiss e Oscar Niemeyer, que aparecem na foto, publicaram livros na mesma série da Editora Avenir.

• Junto com Pedro
• Wygodzinsky,
• publicou em 1979
• uma revisão geral
• sobre todas as espécies
• de triatomídeos
• conhecidas e algumas
• novas que eles
• descreveram na
• ocasião, realizando
• um grande sonho.

Lent, essa monografia representa a realização de seu grande sonho: “No Brasil nunca teríamos condições de juntar esse material, vindo de todo o mundo, mas no Museu Americano pude-mos reunir espécies raras, às vezes únicas, provenientes da Europa, China, Índia, e até das Bahamas.” O trabalho descreveu 112 espécies diferentes, às quais se somariam mais três, descritas posteriormente por outros pesquisadores.

Embora ainda vigorassem as restrições à sua atuação profissional — os cassados de Manguinhos não podiam trabalhar em nenhuma instituição brasileira que tivesse ajuda do Governo —, Lent retornou ao Brasil em 1976, tornando-se professor titular da Universidade Santa Úrsula, que teve o mérito de convidá-lo antes da anistia. Certo dia, enquanto preparava a instalação de seu laboratório, um colega olhou da porta da sala para a arrumação e perguntou o que era aquele movimento todo. Bem humorado, Lent arriscou um comentário que mostrava o ecumenismo da situação: “Trata-se de um judeu armando uma tenda árabe numa universidade católica!”

Todas as manhãs, Herman Lent vai à Universidade Santa Úrsula, onde trabalha desde então como pesquisador e docente nos cursos de biologia e nutrição. Algumas tardes também são dedicadas àquela instituição; em outras, fica em casa estudando algum assunto de seu interesse ou tentando resolver questões que aparecem no dia-a-dia do laboratório. Ele considera a experiência como docente nesses últimos 14 anos muito boa, principalmente porque, à diferença dos cursos anteriormente dados, pôde ter contato com alunos de graduação e em maior número. Muitos são encaminhados por ele a Manguinhos: “Lá, eles podem ter acesso a uma bibliografia melhor, material em maior quantidade e contato com colegas da mesma área, o que é sempre um estímulo”. No seu entendimento, a Santa Úrsula ainda não proporciona grandes chances de pesquisa: tem laboratórios pequenos, um número reduzido de auxiliares e o ensino ainda é preponderante. Assim mesmo, conseguiu formar sua atual assisten-

te, também professora da universidade, Claudia Portes Santos.

Já num artigo de 1981, em que discorre sobre as aspirações e o modo de trabalho do cientista, publicado pela Finep/CNPq, Lent alertava que “o ensino, sem a pesquisa, converte-se num repetir enfadonho e sem perspectivas.” Nessa publicação, defendia também a necessidade de registrar os dados obtidos pelo pesquisador: “Ao cientista se impõe não só o cultivo de sua ciência, como também a divulgação dos fatos que observou, dos resultados a que chegou, dos conhecimentos que adquiriu e das conclusões que esses fatos lhe impõem.”

Essa insistência pela divulgação dos resultados de pesquisa pôde ser percebida ao longo de sua larga experiência em editoração. Herman Lent esteve à frente de diversas publicações, mas a *Revista Brasileira de Biologia* é a de que mais se orgulha. Inicialmente financiada por um mecenas, Guilherme Guinle, foi fundada em 1941 por Lent e outros colegas e hoje se encontra no volume 50. Em 1970, seus três editores, todos pesquisadores de Manguinhos — Lent, Sebastião José de Oliveira e Tito Cavalcanti — foram cassados e a publicação foi doada à Academia Brasileira de Ciências. Em 1978, comenta, “me indispus com o presidente da academia, Maurício Mattos Peixoto, porque não quis ouvir a opinião de quem tinha uma experiência de editoração de quase 40 anos e resolvi deixar a direção da revista”. Em seguida, a publicação entrou numa fase de decadência, da qual só se recuperaria anos mais tarde. A partir de 1959, como chefe da Divisão de Zoologia Médica de Manguinhos, Lent também dirigiu a edição das *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, que seria paralisada em 1964 com o advento da “revolução redentora”. Em 1970, foi ainda chefe de seção (História Natural) da edição brasileira da enciclopédia Delta Larousse, coordenada por Antonio Houaiss.

A UDF e a Santa Úrsula não foram suas únicas experiências como docente. Deu aulas de parasitologia na antiga Escola de Medicina e Cirurgia do Instituto Hanemaniano, hoje vinculado à UERJ, de helmintologia no curso de aplicação de Manguinhos, onde ele próprio fora aluno, e de biologia no curso secundário

do Colégio Pedro II, durante quase 14 anos. Foi professor por cinco meses no Instituto de Higiene de Assunção, Paraguai, como enviado de uma missão do Itamarati. Como conseqüência da missão, o Itamarati financiou a vinda de alguns paraguaios ao Brasil, entre os quais estava uma química e farmacêutica que seria sua futura esposa, Maria Gregória Lent.

Por várias vezes foi chamado para lecionar em cursos esporádicos, como o da Universidade da Bahia, a convite de Otávio Mangabeira; o da Universidade Estadual do Paraná, de especialização para professores; e outros mais breves em Recife e Belém do Pará. Junto aos alunos, fazia coletas eventuais de material de pesquisa, no caso helmintos, e em vários locais orientou a formação de insectários, como o de Manguinhos.

Lent deixaria a helmintologia em 1951, novamente por influência de Arthur Neiva, para se dedicar a uma nova linha de pesquisa, a entomologia. Trabalharia nessa área junto com Hugo de Souza Lopes e, posteriormente, com seu discípulo e amigo, José Jurberg. Este admite que, embora trabalhe com o professor Herman há 30 anos, ainda se sente seu fiel estagiário.

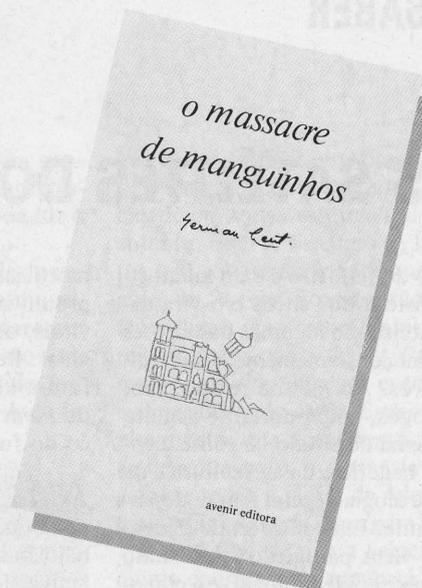
Ameaçado pelo Ministério da Saúde, em 1970, de ser transferido para o Piauí caso continuasse a publicar trabalhos com o recém-cassado Herman Lent, Jurberg se prontificou a continuar trabalhando com seu mestre “em silêncio”. Durante algum tempo, acumularam um bom número de trabalhos que seriam publicados após a derrubada do maquiavélico ministro Rocha Lagoa. “Durante anos e anos lutei para que os pesquisadores cassados voltassem a Manguinhos”, comenta Jurberg. “Esse dia demorou, mas chegou, e o professor Herman, apesar do apelo dos amigos, foi o único que não quis voltar”.

Lent, no entanto, não reconhece mágoa nessa atitude. Sua explicação inclui o peso da idade e o desejo de uma vida mais descansada. “Estava trabalhando integralmente na universidade e temi não poder contribuir com o instituto da forma que deveria”, desculpa-se. Pura humildade! Aos 80 anos, apesar de a aposentadoria compulsória ser uma realidade em toda parte, continua exercendo a profissão. “Até que a universidade me mande embora”, diz com teimosia.

Na sua opinião, muitas coisas mudaram no Instituto Oswaldo Cruz de hoje, assim como mudou a forma de se fazer pesquisa no Brasil. Embora admitindo o seu olhar à distância — “agora vejo o instituto com olhos de terceiros” —, considera o seu tempo mais interessante. “O instituto mudou em perspectivas e em aspectos de trabalho. Ampliou-se tremendamente. Agora é uma fundação que reúne desde institutos de qualidade, como o INCQS (Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde) até um hospital infantil, como o Instituto Fernandes Figueira”, aponta.

“Até 1970, a ênfase era a pesquisa básica, mas os diferentes governos passaram a exigir novas diretrizes. Atualmente, fala-se erradamente que as empresas devem financiar a tecnologia. Mas isso nunca será possível porque as empresas multinacionais importam a tecnologia de suas sedes e não têm interesse em fazer pesquisa no Brasil. É preciso entender que a tecnologia não se cria do nada; ela nasce da ciência”, alerta. Segundo ele, uma das coisas de maior relevância que Manguinhos ainda conserva é uma ótima biblioteca especializada, embora maltratada por falta de um edifício próprio.

Outro ponto que destaca diz respeito à sua produção científica: “Na minha época, a nossa atividade não era política, mas tínhamos que tratar também da política da instituição. Antigamente era muito difícil obter fundos para a ciência. Só depois da criação das agências financiadoras tivemos oportunidades de auxí-



- *Durante anos seu discípulo José*
- *Jurberg lutaria para que os*
- *pesquisadores cassados voltassem a*
- *Manguinhos. Esse dia demorou,*
- *mas chegou, e o professor Herman,*
- *apesar do apelo dos amigos, foi o*
- *único que não quis voltar.*

lios para projetos. Hoje, apesar de haver um percentual maior do orçamento para a ciência, vejo como ele é cortado, como não se pode contar com ele integralmente. Vejo como se passa de um Ministério da Ciência e Tecnologia para uma Secretaria, que não sei que valor tem junto a uma Presidência autocrática”, acrescenta. Lent assegura que ainda existe moda em ciência: “Essa chamada ciência de ponta deveria ser feita aqui no Brasil, mas ela nunca vai ser competitiva com a ciência dos países do Primeiro Mundo por causa das grandes deficiências que ainda cultivamos”.

Em 80 anos de vida, Herman Lent nunca sentiu falta de religião. Diz-se eclético na leitura, seu único *hobby*. Agradam-lhe muito os livros de língua espanhola e comenta a sua última leitura, *Pantaleón y las visitadoras*, de Vargas Llosa: “É uma palhaçada tremenda”, diz com jocosidade. Trata-se de uma crítica a militares que organizam um regimento de mulheres da vida para ir ao interior do Peru fornecer elementos de satisfação aos soldados. “Imaginem o que não acontece nesse batalhão de visitadoras”, comenta.

O humor, de fato, não falta a Herman Lent. “Nasci em 1911 e em 3 de fevereiro completei 80 anos. Infelizmente!”, acrescenta rindo.

ALICIA IVANISSEVICH
CIÊNCIA HOJE, RIO DE JANEIRO

VÍRUS SATÉLITES DOS VEGETAIS

O mosaico do feijoeiro e o do mamoeiro, a tristeza dos citros e o vira-cabeça do tomateiro são algumas das viroses que preocupam constantemente os agricultores brasileiros. Ao mesmo tempo, são, para os virólogos, um importante e muito interessante tema de estudo. A consequência é que, em benefício da agricultura e da pesquisa, a virologia vegetal tem se desenvolvido bastante. Ela compreende a identificação dos vírus patogênicos, o estudo de sua biologia e epidemiologia, e a elaboração de medidas de controle, por ora essencialmente profiláticas.

Um fenômeno curioso é o satelitismo, que parece ser a culminação do parasitismo. Nele, um parasita molecular passa a depender de outro. Depois de identificado em vegetais, já foi encontrado em alguns vírus de animais (ver 'Fenômeno também aparece nos animais'). Trabalhos metuculosos acabaram por demonstrar a ocorrência de duas modalidades de satelitismo: o vírus satélite e o ácido ribonucléico (ARN) satélite.

Há cerca de 50 anos, na Inglaterra, os pesquisadores F. C. Bawden e N. W. Pire verificaram que preparações purificadas do vírus da necrose do fumo (VNF) continham dois tipos de partículas que diferiam quanto ao comportamento hidrodinâmico. Presumiram que as partículas de menor coeficiente de sedimentação fossem produzidas pela degradação das partículas maiores.

Em 1962, B. Kassanis demonstrou que as partículas menores (17 nanômetros de diâmetro) não se replicavam na ausência das maiores (30 nm de diâmetro), e que tampouco existiam afinidades serológicas entre os dois tipos. As partículas maiores, no entanto, replicavam-se sem interferência da presença ou não das partículas menores. Kassanis chamou a esse fenômeno satelitismo. O vírus dependente seria o vírus satélite e o outro um vírus auxiliar.

No caso do VNF, o vírus satélite tem como genoma um ARN de cerca de $0,4 \times 10^6$ daltons (d), com pouco mais de 1.200 bases, que codifica uma capa viral completamente distinta da proteína do VNF. O ARN do vírus auxiliar tem um genoma quatro vezes maior que o do vírus satélite. Os ARNs dos vírus satélite e auxiliar apresentam baixa homologia, da ordem de 2%. Mas é importante observar que nem todos os isolados do VNF possuem satélites. A presença do vírus auxiliar pode interferir

na eficiência da replicase, uma enzima que promove a replicação dos ácidos nucléicos virais, tanto do vírus satélite como do auxiliar. Recentemente, outros vírus satélites foram identificados, como o do mosaico do *Panicum* (uma gramínea) e o do mosaico do fumo.

Alguns anos depois da descoberta dos pesquisadores ingleses, uma variação do satelitismo foi observada por Schneider, na Universidade da Califórnia, Berkeley. Ao estudar o vírus da mancha anelar do fumo (VMAF) — um vírus cujo genoma é formado por dois segmentos diferentes de ARN e encapsulados em partículas distintas (sistema multicomponente) —, Schneider verificou que as preparações continham partículas com fragmentos de ARN diferentes dos que formavam o genoma do vírus auxiliar (VMAF). Os fragmentos eram menores, e vários deles ocorriam encapsulados na mesma capa protéica do VMAF. Estes ácidos nucléicos, à semelhança dos vírus satélites, só se replicavam na presença do VMAF, e a dependência era tal que esses ARNs não codificavam sequer a sua própria capa protéica, como fazia o vírus satélite

do VNF. Por isso foram chamados de ARNs satélites (figura 1).

Mais tarde, J.M. Kaper e H.E. Waterworth, do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, constataram fenômeno similar com o vírus do mosaico do pepino (VMP). Este vírus também tem seu genoma formado por três segmentos diferentes de ARN, encapsulados em diferentes partículas. Há ainda um quarto segmento (ARN-4), considerado fragmento subgenômico, que contém informações para codificar a capa protéica, mas é desnecessário à replicação do VMP.

Toda a história começou quando plantações de tomate na França foram dizimadas por uma séria necrose das plantas. Ao extrair os ARNs do VMP, Kaper e Waterworth encontraram um quinto fragmento, além dos quatro conhecidos, e o denominaram CARNA-5. Suas características eram as de um ARN satélite (figura 2). Na infecção do tomateiro, a presença de CARNA-5 tornava os sintomas mais severos. Era, porém, o único caso em que a presença de um ARN satélite intensificava os sintomas. Em geral, os satélites atenuam os sintomas induzidos pelos vírus auxiliares.

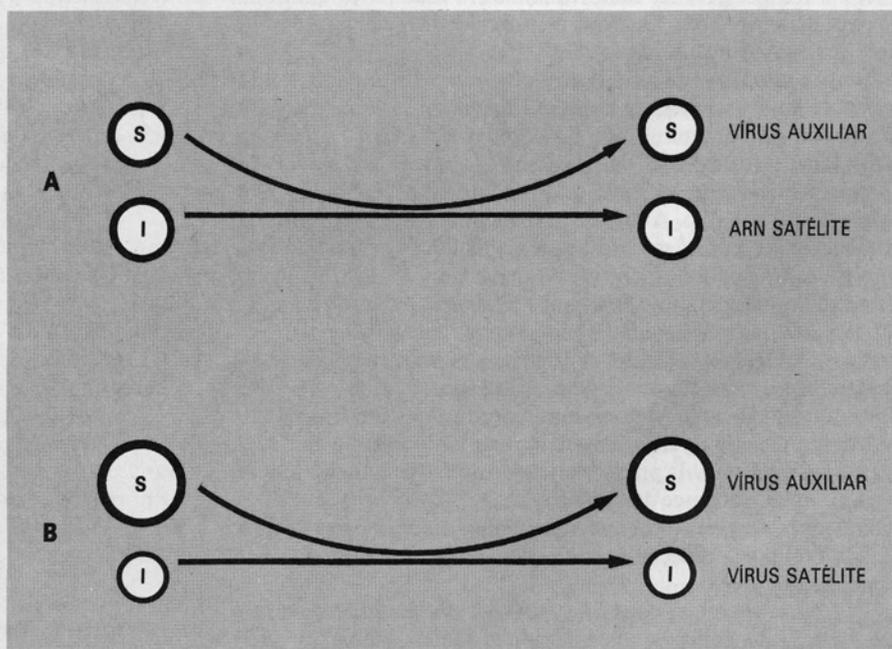


FIGURA 1. Efeito do vírus auxiliar na replicação de satélites. A — vírus auxiliar e ARN satélite possuem idênticos capsídeos, mas o segundo não codifica seu próprio capsídeo; B — vírus auxiliar e vírus satélite possuem diferentes capsídeos. Vírus satélite codifica seu próprio capsídeo.

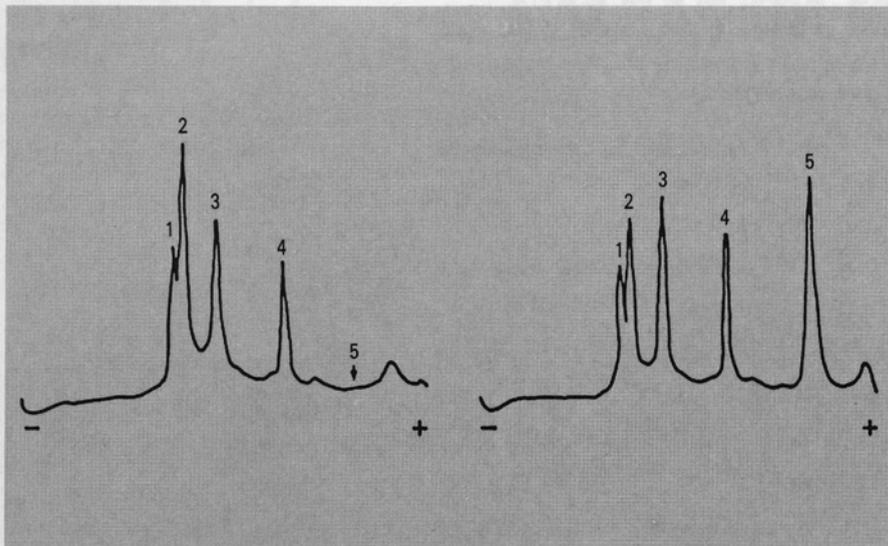


FIGURA 2. Eletroforese de ARN purificado do vírus do mosaico do pepino (*Cucumber mosaic virus*) com (A) e sem (B) ARN satélite (CARNA 5). Segundo Waterworth *et al.*, 1977. Com permissão de J.M. Kaper.

Estudos complementares demonstraram que o CARNA-5 (ARN satélite) dependia do VMP para sua replicação. Para explicar essa inibição, Kaper sugeriu a existência de uma competição, através da replicase, entre o ARN satélite e o ARN viral, visto que a taxa de incorporação de ³²P era maior na síntese de CARNA do que na síntese do

ARN viral. Contudo, não havia explicação para o fato de que o ARN satélite tem mais afinidade pela replicase do que o ARN viral.

Além do VMAF e do VMP, ARNs satélites foram encontrados em associação com o vírus do *tomato bushy stunt* e, mais recentemente, a quatro vírus, possivelmente

do grupo sobemovírus: *Tobacco velvet mosaic*, *Solanum nodiflorum mottle virus*, *Lucerne transient streak virus* e *Subterranean clover mottle virus*. Nesses quatro vírus ocorre, porém, outro fato bizarro: o ARN satélite é circular e tem certa semelhança com os viróides (pequeno segmento de ARN infectivo). Foram então designados virusóides.

Outra descoberta intrigante feita com o ARN satélite do VMAF foi a de que ele teria propriedade autocatalítica, isto é, seria capaz de promover seu autocorte (*self splicing*) durante processos de replicação, à semelhança do que ocorre com certos introns (segmentos do ^mARN transcrito — o vírus mensageiro —, eliminados pós-transcricionalmente).

Com base na observação de que a presença do satélite (vírus ou ARN) interfere na eficiência da replicação do vírus auxiliar, resultando na atenuação dos sintomas ou da doença causada por ele, considerou-se a possibilidade de transferir o ADN complementar ao vírus (ou ADN satélite) para o genoma de uma planta hospedeira. Isso foi feito recentemente por dois grupos de pesquisadores. Um deles incorporou o ADN do CARNA-5 ao fumo, o outro incorporou o ARN satélite do VMAF também ao fumo, usando como vetor o plasmídeo Ti de *Agrobacterium tumefaciens*. As plantas transformadas transcreviam os ARNs satélites, cuja presença atenuava os sintomas de uma infecção experimental realizada com os vírus auxiliares.

Provavelmente ainda está longe o dia em que estarão ao alcance dos lavradores variedades de plantas cultivadas, contendo ADNs dos satélites em seu genoma e resistentes ou tolerantes aos vírus que lhes causavam danos. Muitos testes ainda têm que ser feitos para comprovar se tais genes alienígenos não podem interferir com outras características importantes da planta.

Mas desde já o estudo do fenômeno do satelitismo, que começou como mera curiosidade acadêmica, abre novas possibilidades para o controle biológico das viroses. Isso mostra, mais uma vez, que a pesquisa aplicada não pode prescindir da pesquisa pura ou de base.

FENÔMENO TAMBÉM APARECE NOS ANIMAIS

Após ser descoberto em plantas, o satelitismo foi também encontrado nos adenovírus, grupo de vírus que contém ADN e que infecta as vias respiratórias dos animais. O vírus foi denominado adeno-satélite e tem ADN como genoma.

No estudo do vírus da hepatite B (VHB), foi assinalado um possível vírus satélite, o chamado vírus da hepatite delta (VHD), cuja presença pode induzir quadros clínicos mais graves. As partículas delta contêm um ARN com cerca de 1.700 nucleotídeos, envolvido pelo capsídeo do vírus da hepatite B. Estudos recentes indicam que este deve ser o primei-

ro caso em que os vírus satélite e auxiliar têm diferentes ácidos nucléicos.

Outros estudos demonstraram que não há homologia na sequência de bases entre o VHD e o VHB. Além disso, o VHD claramente interfere na replicação do VHD e do VHB, visto que a concentração dos dois vírus varia em proporção inversa durante o processo infectivo. A função do VHB na multiplicação do VHD ainda não é explicada, pois não foi observada evidência direta de que o VHD depende de alguma atividade enzimática oriunda de seu vírus auxiliar (VHB).

ÁLVARO M. R. ALMEIDA
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA,
EMBRAPA/PARANÁ

ELLIOT W. KITAJIMA
LABORATÓRIO DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA,
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

METEORITOS CAEM NO PARANÁ

Na primeira quinzena de fevereiro, depois de forte tempestade que durou toda uma noite, um lavrador do município de Pato Branco (PR) encontrou parte de sua plantação de soja queimada. Examinando o local cuidadosamente, descobriu quatro pequenas crateras no solo e comunicou o fato a um jornalista, que divulgou a notícia. Ninguém viu coisa alguma, mas muitos ouviram fortes explosões por volta da meia-noite, e as atribuíram a raios e trovões.

No dia 21 daquele mês fomos ver as crateras, e a primeira providência que tomamos foi medir a taxa de radioatividade. Estava normal. Nossa primeira hipótese foi de que o terreno fora atingido por pedaços da espaçonave *Salyut-7*, que caiu sobre a Argentina no dia 7 de fevereiro. Mas nenhuma das experiências que fizemos a seguir confirmou essa hipótese, nem encontramos restos da nave nas redondezas.

Fato curioso é que as quatro crateras tinham aproximadamente 10 cm de diâmetro, uma distância entre si de cerca de 2,5 m, formavam quase um quadrado e apresentavam um ângulo de entrada vertical. As ervas daninhas não haviam sido afetadas. Portanto, se os objetos não tivessem caído na plantação de soja, possivelmente jamais tomaríamos conhecimento das crateras, sobretudo porque elas logo desapareceriam com as chuvas.

Dois dias depois de iniciarmos as escavações, chegamos ao fim da primeira cratera, a 4,0 m de profundidade, sem nada encontrar além de vestígios de ferro nas paredes. A radioatividade, medida a cada 1,0 m, mantinha-se normal (a taxa de radiação dos meteoritos em geral é inferior à do solo terrestre). Recolhemos amostras da cratera e do terreno longe dela e voltamos a Curitiba.

Na mesma época, fatos semelhantes ocorreram em outras localidades do estado do Paraná. Obtivemos também amostras de Vitorino e de São Jorge do Ivaí, respectivamente a sete e a 300 km de Pato Branco.

A primeira experiência física realizada com o material recolhido foi com um eletroímã. Colocamos amostras do material em uma colher e a posicionamos entre os dois pólos do eletroímã. Verificamos assim que todo o material se desprende da colher, aderindo ao eletroímã. Isso reforçou



Vista geral do local onde os meteoritos caíram. No centro, a região queimada na plantação de soja.

Foto do material coletado, sem alteração; no microscópio de reflexão.



a hipótese de que se tratava de meteoritos, pois a amostra possuía mais ferro do que a terra do local.

A segunda experiência foi de espectroscopia de absorção atômica. Essa experiência descartou a hipótese de se tratar de meteorito ferroso (metálico), pois, embora fosse detectada a presença de ferro (metal), não foram detectados níquel nem cobalto. Além disso, um meteorito ferroso provavelmente não se desintegraria completamente na colisão com a superfície da Terra.

A terceira experiência foi a observação e fotografia com microscópio de reflexão: ela revelou a existência de fraturas características de material que sofreu um rápido resfriamento, mostrando uma crosta de fusão vitrificada negra que cobria o meteorito. Isso seria explicado pela transição da alta temperatura atingida pelo meteorito, na sua entrada, para a temperatura ambiente, após atingir o solo. A análise microscópica revelou também a existência de côndrulos (corpos compostos principalmente de silicatos, medindo de 0,2 a 4,0 mm, semelhantes a gotas de fluido livres, tornadas esféricas por tensão superficial e então solidificadas e cristalizadas).

Tudo isso nos leva a supor que se trata de um meteorito pedregoso, do tipo condrito (a classe mais abundante no sistema solar). Essa hipótese é reforçada pelo fato de que nesse período houve intensas chuvas de meteoros. Em 2 de fevereiro ocorreu o máximo da chuva de meteoros Alfa Carínídeos; no dia 8, da chuva Alfa Centaurídeos; no dia 12, da chuva Ômicron Centaurídeos; e no dia 14, da Kapa Octanídeos. Baseados em cálculos astronômicos,



Trabalho de escavação da cratera.

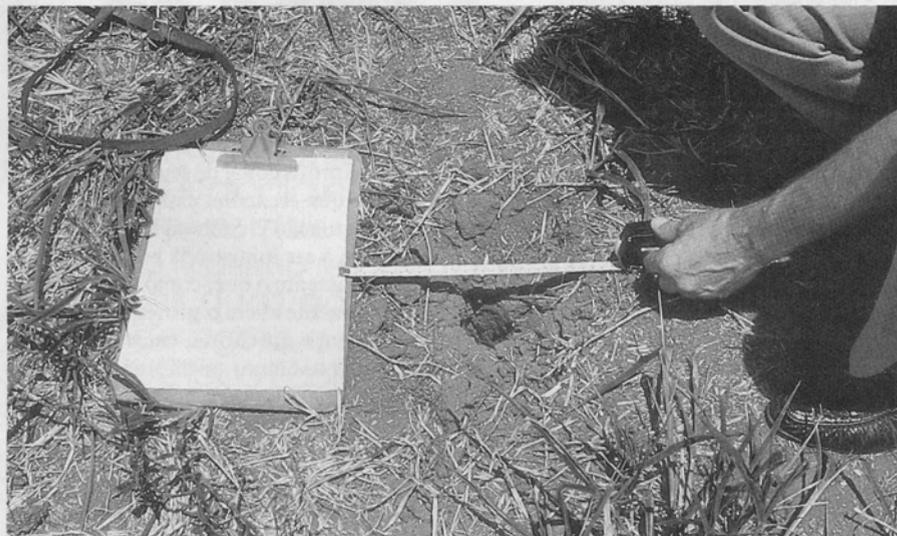
verificamos que todas elas eram visíveis no estado do Paraná, após a meia-noite.

As chuvas de meteoros ocorrem em geral quando a Terra cruza o plano da órbita de um cometa. O fenômeno parece ter origem em um ponto do céu que recebe o nome de radiante. As chuvas de meteoros recebem o nome da constelação que contém o radiante. Por exemplo, Alfa Centaurídeos é o nome daquela que parece vir da estrela mais brilhante (Alfa) da constelação de Centauro, próxima ao Cruzeiro do Sul. As partículas maiores, que conseguem atravessar a atmosfera e colidem com o so-

lo, recebem o nome de meteoritos. Outras origens de meteoros e meteoritos são, por exemplo, asteróides e partículas diversas que orbitam o Sol.

O diâmetro e a profundidade das crateras permitem concluir que a colisão foi frontal. Isso coincide com a hora, pois os meteoritos que se deslocam no mesmo sentido que a Terra — e colidiriam, portanto, com o solo em diagonal — a atingem antes da meia-noite e com menor velocidade. Pelo fato de terem os pequenos fragmentos se espalhado numa área com mais de 300 km de diâmetro, supusemos também que se tratava de uma grande pedra. Felizmente, ela se desintegrou na atmosfera.

O interesse no estudo de meteoritos deve-se ao fato de que eles são objetos extraterrestres, formados há cerca de cinco bilhões de anos, ao mesmo tempo que o sistema solar. Aproximadamente 500 deles atingem a Terra a cada ano, mas a maioria não é registrada, caindo em regiões desabitadas. O primeiro caso documentado foi na Alsácia, em 1492, mas só em 1803 os meteoritos foram aceitos pela comunidade científica como sendo material extraterrestre.



Uma das crateras, como encontrada.

GERMANO B. AFONSO
DEPARTAMENTO DE FÍSICA,
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLOS A. NADAL
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS,
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

A FALSA IMAGEM DA QUÍMICA

“Não saco nada de física, literatura ou gramática, só gosto de educação sexual, e odeio química, química, química...”

Renato Russo

Os fatores que concorrem para influenciar os jovens quanto à escolha da profissão são os mais diversos e se associam geralmente ao ambiente sociocultural. Uma das pistas para se conhecer o que condiciona essa escolha é o exame vestibular e seus resultados. Já há algum tempo vem sendo constatada, por exemplo, a existência de vagas ociosas nos cursos de graduação em química. O Conselho Regional de Química da 3ª Região aponta, por sua vez, que cada vez menos profissionais de química são formados a cada ano e que apenas 10% são licenciados em química.

O caso da Universidade Federal Fluminense (UFF) serve de exemplo (figura 1). A relação candidatos/vagas (R_{LQ} e R_{QI}) mostra a baixa procura do curso de química, em comparação com outras carreiras do vestibular. Observa-se ainda que o número de candidatos que iniciam o curso, sempre menor que o número de vagas oferecidas, é muito pequeno em relação àqueles que o procuraram. Embora os dados se refiram à UFF, a situação não é muito diferente em outras universidades (ver ‘Vestibular 1988: seleção ou exclusão?’, em *Ciência Hoje* n.º 49, p. 70). A partir desta constatação podemos questionar: por que existe pouco interesse dos candidatos na procura pelo curso de química?

O ‘ódio pela química’ já foi até mesmo tema da letra de uma música de Renato Russo, do conjunto Legião Urbana, também gravada pelos Paralamas do Sucesso, o que situa a questão exatamente entre os jovens, na faixa dos que prestam exame vestibular. Um dos motivos que podem explicar esta aversão é a forma distorcida com que os meios de comunicação divulgam os fatos relacionados à química. Notícias sensacionalistas sobre questões ambientais,

por exemplo, fazem com que a química seja vista pelo leigo como responsável por atividades altamente poluidoras e destrutivas, desprezando-se sua real importância para o desenvolvimento tecnológico do país.

Outro motivo é a deficiência do ensino da química nas escolas. Em seu currículo, os estudantes de primeiro e segundo graus precisam ter um contato estreito com o ensino da química, de modo que sejam estimulados a desenvolver espírito crítico e interesse pelas ciências experimentais. No entanto, através dos resultados dos vestibulares e do contato posterior com os alunos que ingressaram no curso de química da UFF, verificamos que o aprendizado dessa disciplina vem apresentando deficiências básicas, principalmente quanto à compreensão e utilização de conceitos considerados fundamentais.

Com a preocupação de verificar as condições do ensino de primeiro e segundo graus e obter dados para as discussões so-

medicina, pedagogia, veterinária e ‘estudos adicionais’, e apenas 8% têm formação em química. Com base nessa constatação, cabe perguntar: onde estão os licenciados formados semestralmente pela UFF? Só nos últimos cinco anos, cerca de 78 alunos concluíram a licenciatura em química nessa universidade.

Os fatos abordados acima contrastam com dados mais antigos. Segundo pesquisa realizada em 1982 pela Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro e comentada por Nilda Alves (*Ciência e Cultura*, vol. 41, n.º 8, 1989), naquele ano havia uma predominância nítida da relação curso feito/disciplina lecionada, sendo mínimo (ou mesmo inexistente em alguns estabelecimentos) o desvio da disciplina em relação ao curso. Atualmente, conforme os dados apresentados, observa-se que essas relações se deterioraram ao longo dos últimos anos.

FIGURA 1. ALUNOS INSCRITOS E MATRICULADOS ENTRE 1988 E 1990

CURSO	LICENCIATURA EM QUÍMICA			QUÍMICA INDUSTRIAL		
	Inscritos	Matriculados	R_{LQ}	Inscritos	Matriculados	R_{QI}
1988	59	08	1,47	118	11	2,95
1989	93	23	2,32	221	38	5,52
1990	201	19	5,02	265	32	6,62

R_{LQ} — Relação candidato/vaga em licenciatura em química.

R_{QI} — Relação candidato/vaga em química industrial.

bre os currículos plenos dos cursos de licenciatura, a UFF buscou, em 1988, maior integração com aqueles níveis de ensino, através de estímulos da Pró-Reitoria de Assuntos Acadêmicos. Com a participação de professores que atuam em diversos cursos de licenciatura e de 58 escolas de primeiro e segundo graus das redes municipal e estadual dos municípios de Niterói e São Gonçalo (RJ), foi realizado um levantamento visando a diagnosticar a real situação do ensino de química.

O universo pesquisado corresponde a cerca de 50% das escolas oficiais. Os dados obtidos (figura 2) mostraram que 61% dos docentes que ministram aulas de ciências e de química são biólogos; 31% são provenientes de cursos de física, matemática,

Conhecendo-se a importância que o professor de primeiro e segundo graus exerce no sentido de motivar ou contribuir para a escolha profissional de seus alunos, é conveniente que ele tenha experiência na sua área de atuação e conheça o conteúdo da disciplina a ser ministrada para selecionar adequadamente o que, como e por que ensinar. Somente assim o professor trabalhará bem com a sua turma, contribuindo para motivar os alunos, melhorando o aprendizado e despertando o interesse pela área.

Por outro lado, tal filosofia entra em contradição com a portaria do MEC n.º 399/89, que permite ao licenciado ministrar até três disciplinas, desde que essas possuam carga horária mínima de 160 horas, além das respectivas práticas de ensino. Pa-

ra exemplificar, a licenciatura plena em física possibilita a docência em física e química no segundo grau.

No primeiro grau, em que o ensino da química é dividido com a física e com a biologia, muitos profissionais estão habilitados a ministrar ciências. A maioria dos professores de ciências vem de biologia, e estes tendem a dar um ensino melhor na sua área de formação em detrimento das demais. Já no segundo grau, pela falta de professores de química, outros docentes ministram essa disciplina, que às vezes não é dada em algumas escolas.

Os professores entrevistados reconhecem a importância das aulas experimentais em laboratório: além de contribuírem para motivar as aulas teóricas, elas tornam mais fácil a assimilação dos conceitos fundamentais da química. No entanto, apenas 35% dessas escolas possuem laboratórios, mesmo assim lutando com muitas dificuldades para manter as aulas experimentais dentro do plano curricular. Constantemente se defrontam com a falta de tempo, de verbas e com o número elevado de alunos por turma (que varia em média de 30 a 50). Tam-

FIGURA 2. PERFIL DE FORMAÇÃO DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS E QUÍMICA (Primeiro e Segundo Graus)

QUÍMICOS	8%
BIÓLOGOS	61%
OUTROS	31%

bém não contam com pessoal técnico para preparo das aulas experimentais.

Um estudo feito por Gilberto S. S. Almeida verificou que o uso da abordagem histórico-experimental pode despertar nos alunos maior curiosidade pela ciência e maior questionamento das coisas. Isso foi observado pelo autor no nível médio, através de experiências realizadas no ensino de botânica e citologia. Um professor de química que fez a mesma observação concluiu que “não só é importante desenvolver a abordagem histórico-experimental no nível médio, como também conveniente, pois caso contrário estaremos ajudando centenas de estudantes a chegar à beira da faculdade sem os ter ajudado sequer a coordenar de modo razoável as suas idéias em rela-

ção aos problemas da vida, como se verifica a cada ano, na época do vestibular” (*Ciência e Cultura*, vol. 36, n° 10, 1984).

Há grande preocupação, entre os professores entrevistados, com o baixo nível de aprendizado de seus alunos. A recuperação paralela é uma alternativa para suprir as deficiências. Consiste em propor novos exercícios, repetir assuntos não muito compreendidos e provocar maior participação dos alunos que não acompanham satisfatoriamente o ensino da disciplina no decorrer do ano letivo.

O levantamento que fizemos tentou diagnosticar os problemas do ensino público de primeiro e segundo graus. É preciso resgatar a dignidade das escolas mantidas pela comunidade. Os professores não podem ser considerados como réus. O fato de encontrarmos profissionais que não atuam em suas áreas específicas pode ser apenas um dos fatores que interferem na escolha profissional, embora os salários aviltantes e as condições precárias das escolas apareçam como denominador comum para a falta de estímulo de todas as licenciaturas.

Sob esse aspecto, em comentário sobre as licenciaturas, Newton C. Balzan e Niuvenius J. Paoli observaram que “um recente levantamento de dados, efetuado em São Paulo pela revista *Veja*, mostra a situação vexatória em que se encontra a profissão de magistério em relação às outras 23 profissões de nível superior”. E informam: “Tomando-se como base o salário inicial, montou-se uma classificação, na qual a categoria de magistério encontra-se em último lugar; considera-se que o salário médio inicial do magistério é 75% menor que o salário médio inicial da categoria profissional da primeira classificada (engenharia eletrônica), e que com cinco anos de exercício profissional é 82,5% menor, e ainda 29% menor em relação à penúltima classificada (enfermagem).” (*Ciência e Cultura*, vol. 40, n° 2, 1988)

De um modo geral, os professores de primeiro e segundo graus se ressentem da pouca interação com a universidade. Os cursos de reciclagem voltados para suas necessidades profissionais se realizam em épocas consideradas inadequadas, principalmente em virtude das dificuldades de planejamento decorrentes das greves constantes. Por outro lado, a divulgação dessas atividades é precária e elas não têm continuidade. Tudo isso é fundamental para que a reciclagem possibilite a troca de informações e experiências, bem como a integração dos diferentes níveis de atuação e responsabilidade. É também indispensável o

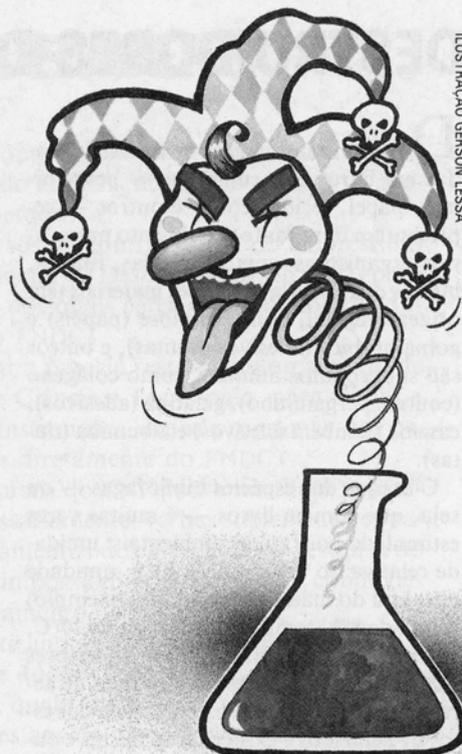


ILUSTRAÇÃO GERSON LESSA

apoio dos órgãos administrativos da rede pública de primeiro e segundo graus: num processo de interação com a universidade, eles poderiam prever e possibilitar a participação dos professores em reuniões e grupos de estudo, propiciando oportunidade para aperfeiçoamento e atualização.

Finalmente — e diante dos fatos apontados — cabe externar a preocupação com a profissão de professor de primeiro e segundo graus. Particularmente o de química, que está em processo de extinção e provavelmente deixará de existir em breve, se não forem tomadas medidas concretas para sua valorização e remuneração digna.

Nesse sentido, a Sociedade Brasileira de Química encaminhou moção ao Congresso Nacional, reivindicando a elaboração, com a participação da comunidade científica, de um plano para garantir a qualidade do ensino e da pesquisa em todos os níveis e uma remuneração que garanta ao professor a sobrevivência física, psicológica, moral, social e profissional, condizente com sua importante função na sociedade.

CARMEN LÚCIA A. C. PAGOTTO
LUCI MARTINS VIANA
INSTITUTO DE QUÍMICA,
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

DESTRUIDORES DE LIVROS E DOCUMENTOS

De natureza orgânica, os materiais usados em livros e documentos — pergaminho, papel, tecido, couro e outros — representam uma fonte de alimento para vários organismos, como bactérias, fungos, insetos e ratos. Alguns desses materiais têm origem vegetal, como celulose (papéis) e goma-arábica (adesivos e tintas), e outros são subprodutos animais, como colágeno (couro e pergaminho), gelatina (adesivos), caseína (também adesivos) e albumina (tintas).

O ataque das espécies bibliófagas — ou seja, que comem livros — é muitas vezes estimulado por fatores ambientais: umidade relativa do ar acima de 60%, umidade absoluta do material (papel, por exemplo) acima de 8%, temperatura acima de 20°C, variações de temperatura local superiores a 2,5°C, iluminação deficiente, falta de aeração, acúmulo de poeira, presença de restos de alimentos e existência de frestas e outros micro-habitats que sirvam como abrigo. O pouco manuseio de caixas ou gavetas, o uso de adesivos de origem orgânica, a presença de animais domésticos no local e a incorporação de material infestado ao acervo bibliográfico também favorecem essa deterioração.

Os insetos destacam-se entre os biodeterioradores de documentos como os mais comuns e mais danosos. Podem esconder-se durante o dia em abrigos, saindo à noite em busca de alimento, ou produzir danos de forma contínua, no interior de livros e maços de papéis. A observação dos danos (característicos para cada grupo de insetos) e dos resíduos de sua ação (excrementos e pó) permite identificar o agente causador, mesmo quando este não é encontrado.

O combate aos danos acarretados por insetos bibliófagos, ameaça constante e perigosa para o acervo documental, é geralmente uma tarefa difícil. O uso de produtos químicos é muito restrito, pois qualquer descuido pode ser danoso tanto para o documento quanto para o usuário. Tais produtos precisam ser eficazes contra o inseto responsável, sem afetar a composição físico-química do material tratado ou apresentar risco de intoxicação para o homem. Como é raro encontrar produtos que reúnam essas características, torna-se mais indicado evitar o estabelecimento dos insetos, realizando um tratamento profilático de higienização.

Os principais insetos destruidores de documentos são traças-de-papel, baratas, piolhos-de-livros, traças-de-parede, cupins e brocas-de-livros. Pertencem a diferentes grupos e causam danos distintos.

As traças-de-papel são denominadas *silverfish* em inglês e *poisson d'argent* em francês (significando 'peixe prateado', nos dois idiomas), em função de sua forma e seu aspecto brilhante. No Brasil, também são chamadas de traças-de-livros ou lepisma, embora a verdadeira *Lepisma saccharina* seja encontrada apenas em áreas restritas da América do Sul. São insetos ápteros (sem asas), com no máximo 50 milímetros, que não sofrem metamorfose (a forma jovem já é semelhante ao adulto), têm hábitos preferencialmente noturnos e fogem à luz. Vivem em caixas e gavetas pouco manuseadas e alimentam-se basicamente de materiais de origem vegetal, atacando em geral documentação avulsa. Seu aparelho bucal, adaptado à raspagem, causa leves corrosões de contornos irregulares nas bordas e na superfície do papel, que podem se tornar pequenos buracos, dependendo do tempo de ação.

Entre as baratas, a espécie mais danosa é *Periplaneta americana*, ou barata-de-esgoto, que alcança até cem milímetros. As baratas sofrem metamorfose incompleta (as formas jovens têm diferenças em relação aos adultos, como a ausência de asas). Vivem em locais abrigados, escuros, quentes e úmidos, e são mais ativas durante a noite. São onívoras (comem de tudo), mas em bibliotecas preferem as colas que engomam o tecido das capas, eventualmente ingerindo celulose, mas não penetram no interior dos livros. Causam danos superficiais, bem característicos (figura 1), muitas vezes acompanhados de manchas escuras (fezes).

Os piolhos-de-livros, geralmente ápteros, alcançam cerca de um milímetro e sofrem metamorfose incompleta. Quando são abundantes, indicam que o local está úmido, com alta incidência de fungos (mofo), pois tais insetos são basicamente fungívoros, embora também se alimentem de papel, couro, tecidos, fotografias e encadernações.

As traças-de-parede, também denominadas traças-de-roupa, às vezes são confundidas com as traças-de-papel. Sofrem metamorfose completa, com três fases (larva, pupa e inseto adulto). A forma adulta (pe-

quenas mariposas) é dificilmente percebida em função do hábito noturno, do tamanho diminuto e da cor pálida. Só a larva ataca livros, a princípio atraída pelo tecido da capa, causando perfurações superficiais.

Cupins, também chamados térmitas, sofrem metamorfose incompleta e vivem em sociedade, na qual o jovem tem participação ativa. Apresentam indivíduos reprodutores alados (rei e rainha), que antes de fundar a colônia são atraídos pela luz e perdem as asas, e indivíduos ápteros divididos em operários (que fazem todo tipo de trabalho na colônia e são os maiores responsáveis pelos danos) e soldados (que têm a função de defesa). Os cupins podem causar erosões devastadoras, de contornos irregulares, que se ramificam em direção ao interior do livro, podendo destruí-lo completamente.

O cupim-da-madeira-seca (*Cryptotermes brevis*) constrói colônias pequenas. Na maioria das vezes o único sinal de sua presença são os excrementos, grânulos alongados que a colônia expele de tempos em tempos. Instala-se inicialmente na madeira e pode passar para o livro sem ser percebido. O cupim-de-solo (*Coptotermes havilandi*) apresenta colônia populosa, com ninho elaborado e subterrâneo. Atinge o interior das edificações através de galerias, onde estão a salvo da dessecação e da luz. Come papel, couro, pergaminho, fotografias, adesivos, material têxtil e sintético e até cabos de eletricidade. Há casos em que a espécie substituiu o papel, parcial ou totalmente, por cartões estercoais — uma mistura de excrementos, terra e saliva (figura 2).

As brocas-de-livros, pequenos besouros da família Anobiidae, têm metamorfose completa (a larva, mais destruidora, vive um ano ou mais; o adulto vive somente um mês e praticamente não se alimenta). O ciclo evolutivo ocorre no interior do material danificado e o inseto rompe a superfície (fazendo pequenos orifícios) ao chegar à fase adulta. Sua dieta compreende papel, couro, pergaminho, adesivos de origem vegetal e material sintético. Constrói túneis regulares e sinuosos, de aspecto rendilhado, que avançam das margens ao centro do volume. Outros tipos de brocas (família Dermestidae) têm larvas extremamente vorazes, que preferem material de origem animal, mas atacam também papel, materiais

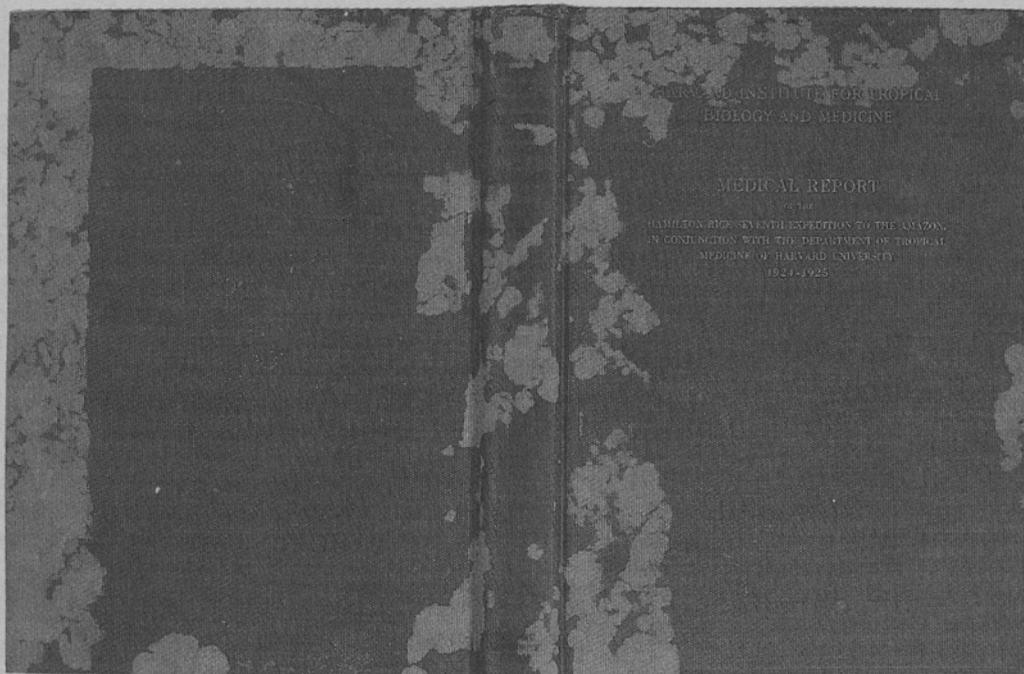


FIGURA 1. Danos provocados por baratas em capa de livro.



FIGURA 2. Livros transformados em ninho de cupins (cartões estercoreais).

têxteis e sintéticos e até metais. Produzem buracos irregulares e, às vezes, galerias superficiais onde são encontrados excrementos e exúvias (coberturas corporais abandonadas durante a muda).

O acervo informativo e probatório formado por documentos e livros necessita de cuidadosa preservação, mas não tem recebido uma proteção satisfatória em grande

parte dos arquivos e bibliotecas brasileiros, apesar do importante trabalho feito por profissionais de conservação e restauração, enfrentando dificuldades que vão da falta de condições técnicas até o risco de doenças (causadas por bactérias e fungos).

Em 1984, o Ministério da Cultura — através da Secretaria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN) e da Funda-

ção Pró-Memória — criou o Programa Nacional de Preservação da Documentação Histórica (Pró-Documento), com o objetivo de proteger, em todo o país, acervos arquivísticos e bibliográficos privados de valor permanente. Como parte do programa, foi realizada, por entomólogos (especialistas em insetos), uma pesquisa sobre formas de avaliação e de controle da infestação dos acervos por bibliófagos, e estavam previstos estudos em microbiologia, química, conservação, arquitetura e desenho industrial. Entretanto, apesar de sua importância para a cultura brasileira, o programa foi cancelado em 1988, quando houve a troca do ministro da Cultura (José Aparecido substituiu Celso Furtado) e a posterior mudança do presidente da fundação (saindo Joaquim Falcão e entrando Angelo Oswaldo).

DENISE PAMPLONA
MUSEU NACIONAL,
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

A QUÍMICA DO FUTURO

Realizada na cidade de Caxambu (MG), de 15 a 18 de maio, a XIV Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química contou com cerca de 1.500 participantes, entre professores e pesquisadores de instituições de todo o país. Durante a reunião, foram apresentados os mais recentes trabalhos nos diversos setores da química e discutidos alguns temas atuais que envolvem essa disciplina, como a eletrônica molecular e a ecologia.

Química supramolecular

O pesquisador Henrique Toma, do Instituto de Química da USP, classificou a química supramolecular, na abertura da reunião, como um campo capaz de revolucionar a ciência no próximo século, dando início à era da eletrônica molecular. Inspirada na linha de pesquisa desenvolvida pelo francês Jean-Marie Lehn, prêmio Nobel de química de 1987, a química supramolecular está diretamente ligada à eletrônica molecular: toda a informação atinge a escala de nosso cérebro, que funciona como uma espécie de computador molecular.

As pesquisas de Lehn procuram explicar a química do cérebro com base no reconhecimento das funções de neurotransmissores, que envolvem um agrupamento específico de sítios de interação. "É através da ativação ou desativação desses centros que são armazenadas as memórias", diz Toma, certo de que esta área da química se expandirá no sentido de substituir a microeletrônica. Mais do que isso, ele acredita que o novo campo de estudo acabará ensinando o homem a respeitar a própria natureza: "o ideal seria se nossas indústrias trabalhassem como nossas células, onde o processo químico ocorre com baixo consumo de energia e sem produção de substâncias tóxicas".

De acordo com Toma, a química supramolecular tem a vida como modelo, pois se inspira na química biológica. Para seguir os seus passos, é necessário dominar a inteligência química envolvida na função e interação das moléculas, o que significa entender como elas trabalham acopladas. "A inovação proposta pela química supramolecular", explica o pesquisador, "consiste em tentar acoplar espécies químicas de forma inteligente, proporcionando rotas mais limpas e mais produtivas de

transformação". Segundo ele, os frutos desse conhecimento vão proporcionar novas diretrizes para o desenvolvimento dos fármacos em geral, tendo como meta a maior aproximação possível da química natural.

Henrique Toma desenvolve pesquisas no campo da bioinorgânica, buscando conhecer a função de elementos metálicos como ferro, zinco, cobalto e manganês, denominados microelementos, de extrema importância para nosso organismo. Se alguma função que envolve ferro é bloqueada, o sintoma imediato é a anemia; a ausência de manganês debilita nosso sistema enzimático, fazendo parar o sistema metabólico; a falta de zinco causa retardo no crescimento; e a ausência de cobalto pode gerar problemas crônicos de anemia.

Moratória na Amazônia

Henrique Bergamin Filho, do Centro de Estudos Nucleares na Agricultura, da USP, chamou a atenção para a importância das pesquisas químicas nos projetos voltados para a preservação da Amazônia. Esses estudos envolvem as relações entre as massas de água que formam as chuvas, o ciclo dos nutrientes que mantêm a floresta viva, a economia de nutrientes que a floresta aprendeu a fazer em séculos de vida e até o perigo iminente representado pela presença de CO₂ na atmosfera.

Ele defende a decretação de uma espécie de moratória na Amazônia. Para planejar seu futuro afastando os riscos de devastação, a região seria fechada por um determinado período, permitindo a realização de estudos minuciosos sobre sua biodiversidade e suas potencialidades econômicas, com a participação de pesquisadores de diversas áreas da ciência. Na sua opinião, não se pode transformar a Amazônia num reservatório intocável para a admiração dos estrangeiros, sabendo que ela representa mais da metade do território brasileiro.

Produtos naturais

O papel dos químicos na solução dos problemas amazônicos, na opinião de Lauro Barata, do Instituto de Química da Unicamp, passa obrigatoriamente pelo conhecimento das potencialidades dos produtos naturais que podem ser explorados na região, através de estudos de fitoecologia, fi-

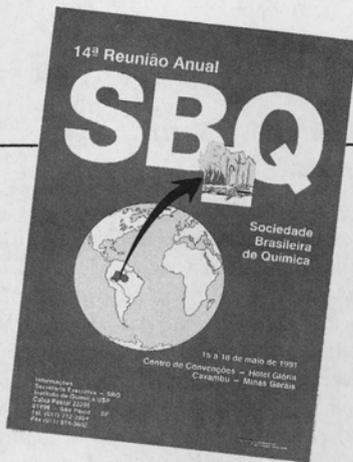
toquímica e ecologia química. "Precisamos mostrar que a floresta em pé dá mais lucro do que posta abaixo para instalar pastos", afirma o pesquisador, alertando que a área devastada chega hoje a cerca de 400 mil km².

Para Lauro Barata, também não é possível prosseguir na exploração centenária da castanha-do-pará e da borracha, produtos que, embora nobres, são vendidos a preços miseráveis: o quilo da castanha já beneficiada custa 1,5 dólar e o da borracha apenas 0,9 dólar. Ele defende a exploração de novos produtos e enfatiza a necessidade de utilizar transformações químicas para agregar-lhes maior valor econômico. Ao invés da venda da planta seca a preços irrisórios, o pesquisador propõe a comercialização de seu óleo para a indústria de fármacos ou cosméticos, ávida por novos produtos.

Ele argumenta que a indústria de produtos naturais cresceu 50% ao ano na última década. Só a indústria inglesa The Body Shop, hoje com 50 lojas espalhadas em todo o mundo, comprou no ano passado o equivalente a 160 mil dólares em produtos naturais amazônicos e sua meta para este ano é projetada em 1,5 milhão de dólares. "Quem deveria estar à frente disso são os próprios amazônidas", afirma o químico, que propõe desde já a execução de programas de pesquisa voltados para essa atividade e capitaneados pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e pelo Museu Paraense Emílio Goeldi.

Sem química não há ecologia

Para Otto Gottlieb, do Instituto de Química da USP, qualquer ação que implique a exploração da floresta exige muita cautela. Ele considera a exploração da Amazônia incompatível com o desenvolvimento econômico indiscriminado e sem planejamento adequado. "Não há como preservar parcialmente a vida; ou ela é preservada ou apunhalada", sentencia. Gottlieb teme que interferências drásticas na região possam comprometer inevitavelmente o espaço vital dos animais, das plantas e dos organismos que ali vivem. "É preciso tornar a interferência do homem na floresta a mais amena possível", afirma, defendendo a limitação do número de habitantes da região como a chave para seu equilíbrio.



Os grandes projetos ecológicos propostos são, a se ver, equivocados, na medida em que se restringem a uma abordagem biológica. “Não se pode cogitar o planejamento científico das florestas tropicais úmidas ignorando o conhecimento químico; sem química não há ecologia”, adverte o pesquisador, que aconselha a formação de um programa interdisciplinar em que biólogos, químicos e sociólogos estejam igualmente engajados para propor soluções, além de suas especialidades.

Química não é poluição

Ernesto Giesbrecht, do Instituto de Química da USP, cientista homenageado na sessão de encerramento da reunião por seu importante papel na formação de pesquisadores na área — pelo menos 10% dos químicos brasileiros —, destacou a existência de um grave equívoco quanto à função social desempenhada atualmente pela química. Aos olhos do cidadão comum, a química estaria mais associada a certos efeitos desagradáveis que pode produzir do que aos benefícios que seguramente traz à humanidade. “A palavra química”, observa Giesbrecht, “é comumente confundida com poluição, com desastres ecológicos ou medicamentos mal planejados”.

Essa distorção exige, em seu entender, um esclarecimento por parte dos químicos engajados na área de educação, principalmente em nível elementar. Caberia a esses educadores deixar claro que a química pode propiciar melhores meios de combate às doenças, além de produzir novos materiais e alimentos necessários ao homem, prestando-se ainda a explicar fenômenos vitais como a digestão, a respiração e a troca de energia nos organismos.

Remédio de úlcera usado como abortivo

Medicamento indicado no tratamento da úlcera gastrointestinal e duodenal, o Cytotec, comercializado em 62 países, está sendo usado como abortivo indiscriminadamente em Fortaleza, provocando sangramentos ou fetos malformados, e até a morte da paciente, nos casos malsucedidos. A denúncia é do Grupo de Prevenção ao Uso Indevido de Medicamentos, de Fortaleza. Embora a pesquisa desenvolvida pelo grupo se restrinja a esse estado, acredita-se que o mesmo ocorra, em maior ou menor grau, em todo o país.

À base de misoprostol (análogo sintético do hormônio prostaglandina E1), o Cytotec, produzido no Brasil sob a responsabilidade da Biolab Indústrias Farmacêuticas S.A., foi introduzido em Fortaleza em 1987. Conforme pesquisa realizada pelo Grupo de Prevenção na Maternidade Escola Assis Chateaubriand (MEAC), da Universidade Federal do Ceará, que presta o maior número anual de atendimentos em Fortaleza, existem referências ao uso do Cytotec como abortivo já em 1988. Nesse ano, dos 164 casos de abortos provocados, atendidos na MEAC, 20 (12%) foram induzidos por Cytotec. Em 1989, dos 249 casos registrados, 125 (50,2%) foram por Cytotec. No ano passado, 575 (73%) em 715 abortos foram provocados por essa droga. No período estudado — janeiro de 1986 a dezembro de 1990 —, registraram-se dois óbitos em consequência do uso de Cytotec.

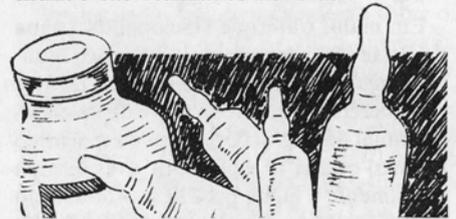
Outra pesquisa do grupo de prevenção consistiu na visita a 120 farmácias de Fortaleza (23% da rede) por pessoas que simularam gravidez indesejada, com teste positivo e um ou três meses de amenorréia. Em 67% das farmácias procuradas houve indicação de medicamentos abortivos; dessas, 83% indicaram o Cytotec apesar de, teoricamente, só poder ser vendido com apresentação de receita médica. Em 73% dos casos de simulação de um mês de amenorréia, não houve nas farmácias qualquer indicação sobre os riscos ou cuidados relacionados com o uso do medicamento. Índice que caiu para 43% na simulação de três meses de ausência de menstruação.

O remédio foi considerado dispensável pela Sociedade Brasileira de Gastroenterologia (SBG), por existirem no mercado drogas de maior eficácia no tratamento da úlcera. Segundo a coordenadora do grupo de prevenção, Helena L. Luna Coelho, do Departamento de Farmácia da Universidade

Federal do Ceará, o parecer sobre a droga enviado pela SBG à Sociedade Brasileira de Vigilância de Medicamentos (Sobredime) reforçou a idéia de que a venda do Cytotec deve ser imediatamente suspensa enquanto estudos são realizados e aprofundados. Ela alerta para a necessidade de esclarecimento à população sobre os efeitos do Cytotec de modo a evitar a sua entrada clandestina no país.

No mês de abril, a Biolab solicitou à Divisão de Produtos do Departamento Técnico Normativo e à Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde o enquadramento do remédio na Portaria 27, que obriga as farmácias a reter uma via da prescrição médica, facilitando o controle da venda e uso do produto.

A Organização Mundial da Saúde estima que 10% dos abortos provocados no mundo são realizados no Brasil.



Multivacinação no Nordeste

Antes de serem distribuídas, todas as vacinas utilizadas na campanha de multivacinação de 27 de abril foram submetidas a rigorosos testes de controle pelo Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde (INCQS), da Fiocruz. O controle incluiu testes biológicos (potência, toxicidade, esterilidade fúngica e bacteriana, termoestabilidade e inocuidade) e químicos (umidade residual, volume médio, pH, formaldeído, alumínio e conservante timerosal). Em 1981, os testes do INCQS detectaram que os 23 milhões de doses de vacina contra poliomielite, importadas da Iugoslávia, estavam contaminadas pelo fungo *Penicillium*. Conclusão: a campanha de vacinação foi adiada e o imunizante destruído.

A Fiocruz contribuiu para o dia da multivacinação com 3.250 mil doses de vacinas contra sarampo, produzidas em Bio-Manguinhos, e foi a responsável pelo estabelecimento de uma reformulação da vacina antipólio, inicialmente adotada para a América Latina e hoje recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para todos os países. A nova formulação foi desenvolvida a partir da investigação de um surto de poliomielite no Nordeste em 1987. Um poliovírus 3 de origem selvagem — existente na natureza e não atenuado em

laboratório, como o da vacina — foi o responsável pelo surto. A investigação comprovou a necessidade de aumentar a potência deste tipo de poliovírus na formulação do imunizante.

Coube também à fundação importar da Bélgica 11.500 mil doses do imunizante contra a poliomielite e cinco milhões de doses da vacina tríplice (contra difteria, coqueluche e tétano) da França e do Canadá, além de armazenar e distribuir todos os imunizantes usados na campanha. O Depto. de Virologia da Fiocruz, através do Centro Internacional de Referência em Enterovirose da OMS, treina pessoal em diagnóstico de poliomielite e acompanha casos da doença na América do Sul.

Acompanhando as aves migratórias

Em maio, o Parque Nacional da Lagoa do Peixe (RS) despede-se do maçarico branco (*Calidris alba*), uma das espécies de aves que encerram a primeira parte do calendário anual de migrações. Além do maçarico branco, outras 19 espécies de aves deixam anualmente a lagoa para se reproduzir no hemisfério Norte. Desde 16 de maio do ano passado, o parque faz parte da Rede Hemisférica de Reservas de Aves Limícolas, entidade que se ocupa de identificar, acompanhar e proteger aves migratórias.

A Lagoa do Peixe é um dos locais no Brasil mais procurados pelas aves, cujas rotas não se restringem ao país. Além das 20

espécies que se reproduzem no hemisfério Norte, outras 40 vêm de regiões mais meridionais do hemisfério Sul. Anualmente, 180 espécies chegam ao Brasil — 60 se reproduzem aqui e 120 no hemisfério Norte.

Uma espécie de petrel, o *Puffinus puffinus*, por exemplo, todos os anos deixa a Grã-Bretanha e cruza o Atlântico para chegar às temperaturas quentes da costa do Nordeste brasileiro. Informações como a rota migratória do *Puffinus puffinus* são obtidas graças ao anilhamento que, no Brasil, é coordenado pelo Centro de Estudos de Migrações de Aves (Cemave), do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Nos últimos dez anos, já foram cadastradas no país 150 mil aves. Duas delas, da espécie *Calidris canutus*, conhecidas como maçaricos de papo vermelho, foram anilhadas na Lagoa do Peixe e 13 dias depois, encontradas na Bahia de Delaware, no sul dos Estados Unidos, ponto de descanso para o destino final no Ártico.

O curto período de viagem indica que as aves fizeram vôo ininterrupto, cumprindo 970 km por dia ou 60 km por hora. Além do conhecimento das rotas migratórias, o anilhamento de aves permite obter informações como a longevidade, proporção de peso e época de reprodução de uma espécie. Por isso, é tão importante, quando se encontra uma ave anilhada, anotar o código do anilha, o local e a data do encontro e encaminhar as informações ao Cemave (Caixa Postal 04/034, Brasília, CEP 70312, Brasil).

Novos alimentos de uso hospitalar

A Bioquímica do Brasil S.A. (Biobrás) desenvolveu a tecnologia básica para produzir alimentos de uso hospitalar indicados a pacientes impossibilitados de se alimentar normalmente por via oral, como aqueles que sofreram cirurgias do sistema gastrointestinal, da garganta ou da laringe, indivíduos com infecções graves ou casos de traumatismos que levam à inconsciência. O alimento hospitalar é administrado pelo sistema enteral, através de uma sonda que o conduz ao estômago ou intestino do paciente, dispensando-se a digestão gástrico-duodenal.

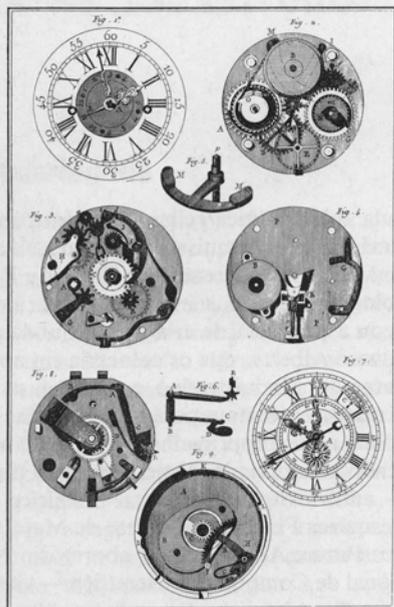
Desenvolvida em conjunto com o Centro Integrado de Química e Proteína e o Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (SP), a tecnologia para produção desses alimentos teve como base o hidrolisado de proteínas já produzido pela empresa, com o acréscimo de carboidratos, gorduras especiais, sais minerais e vitaminas. Segundo o diretor de pesquisa e desenvolvimento da Biobrás, Marcos dos Mares-Guia, o alimento hospitalar oferece maior segurança ao médico e ao paciente, por ser um produto balanceado e adequado a cada caso, podendo ser administrado com regularidade, independentemente das condições hospitalares.

Pretende-se desenvolver na empresa uma linha completa desses produtos, atendendo à demanda tanto de pacientes com digestão normal quanto daqueles que sofrem de insuficiência hepática ou renal ou de indivíduos com doenças metabólicas hereditárias. Usam-se também produtos como a proteína integral, que exige digestão completa, o que impede sua aplicabilidade em pacientes submetidos a cirurgias no sistema gastrointestinal.

O projeto encontra-se no momento em fase de estudo da embalagem ideal do ponto de vista técnico e financeiro para tornar o produto acessível ao sistema de saúde do INPS. A linha terá inicialmente cinco tipos diferentes. O primeiro é um composto líquido balanceado, destinado a pacientes impossibilitados de mastigar, em recuperação de cirurgias ou de infecções, ou que apresentem insuficiência renal ou hepática. A Biobrás pesquisa ainda um leite especial destituído de fenilalanina, indicado para portadores de fenilcetonúria, doença de origem genética que provoca deficiência mental.



Calidris alba no Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul.



Medir o segundo: Uma corrida contra o relógio

Apesar da aparente calma da cidade de Boulder, no estado do Colorado (EUA), enfrenta-se todo dia, na Divisão de Tempo e Freqüência do Instituto Nacional de Padrões — órgão do governo americano —, uma intensa corrida contra o relógio. Ali, onde se encontra o NBS-6 (o padrão básico para medição de tempo), desenvolvem-se as mais importantes pesquisas do país em torno da precisão da medida e da natureza do tempo.

Outrora do domínio dos filósofos, o estudo do tempo é hoje, basicamente, uma incursão na tecnologia avançada e na física teórica. Engenheiros eletrônicos, cientistas da computação, matemáticos e físicos estão trabalhando conjuntamente para criar sistemas que podem definir e observar o tempo com precisão de um segundo para cada três milhões de anos. Isso é fundamental para saber se o segundo que se mede hoje será o mesmo a ser medido dentro de dez ou cem anos.

Começando com minúsculas vibrações de átomos nos chamados relógios atômicos, redes de computadores contam não apenas as imperceptíveis oscilações, como devolvem a informação, por satélite, para antenas captadoras em torno do mundo, criando marcações de tempo com tal precisão que são usadas em navegação e astronomia para manter na mira uma grande variedade de objetos civis e militares.

A responsabilidade principal da 'aldeia tecnológica' de Boulder é definir o segundo e manter os padrões de hora e freqüência, assim como proporcionar serviços de hora e freqüência aos EUA, aperfeiçoar os relógios, padrões e medidas e disseminar as técnicas.

Formando jovens pesquisadores

O Programa de Vocação Científica, desenvolvido desde 1986 pela Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, da Fiocruz, tem como objetivo oferecer a alunos de segundo grau a oportunidade de conhecer e vivenciar o dia-a-dia do pesquisador. Nessa experiência, que ocorre nos laboratórios da fundação, o estudante pode descobrir, verificar e corrigir equívocos no rumo de sua escolha profissional. Durante um ano, o aluno freqüenta um determinado laboratório uma tarde por semana, observando, executando trabalhos, fazendo anotações, que serão reunidas num relatório a ser entregue à coordenação do programa no final do ano.

O programa faz parte das diretrizes básicas da Escola Politécnica, que está voltada para a formação e profissionalização de técnicos de nível médio na área de saúde. Segundo Antenor Amâncio, diretor da escola, a política de recursos humanos visa a suprir a carência de pessoal qualificado na rede de serviços de saúde, em seus aspectos operacionais.

O melhor soro antiofídico

O Centro de Referência para Venenos e Antivenenos da Organização Mundial da Saúde, sediado na Escola de Medicina Tropical da Universidade de Liverpool, Inglaterra, concluiu que o soro antiofídico brasileiro é o melhor do mundo. Esse resultado, divulgado em março último pela Fundação Ezequiel Dias (FUNED), em Belo Horizonte (MG), foi obtido através de avaliação feita nos soros produzidos por essa instituição, pelo Instituto Butantã (SP) e Instituto Vital Brazil (RJ).

A avaliação foi realizada no Hospital Vital Brazil — único no mundo que cuida especificamente de pessoas acidentadas por animais peçonhentos — em 30 pacientes picados por jararaca (*Bothrops atrox*). Observou-se que o soro produzido nas três instituições possui excelente capacidade de atuação, pois neutraliza rapidamente o veneno, conservando-o nesse estado por muito tempo. O mesmo não ocorre com soros fabricados em outros países, sendo necessária a utilização de um número superior de doses para produzir o mesmo efeito.

Esta foi a primeira vez que a análise se realizou em pacientes, tendo sido utilizado o ensaio Elisa, método de dosagem muito sensível para determinar a concentração

de veneno no sangue testado. Com o auxílio desse método, concluiu-se que bastaria utilizar um terço da quantidade de soro usualmente administrada.

Feita com financiamento da Comunidade Econômica Européia, a avaliação faz parte de um programa de investigação de qualidade do soro brasileiro, elaborado pelo Centro de Referência para Venenos e Antivenenos da Universidade de Liverpool, pela Universidade de Oxford, além da FUNED e do Butantã. O coordenador do programa em Minas Gerais, professor Carlos Diniz, afirma que a qualidade do soro brasileiro vem melhorando desde 1983, quando o Ministério da Saúde — após crise de suprimento do soro antiofídico provocada pela saída de uma multinacional do mercado brasileiro — implantou um projeto de modernização tecnológica no processo de produção do soro, encarregando essas três instituições de sua execução. Ele diz que a quantidade de soro produzida supera a demanda do mercado. Existe, porém, dificuldade na distribuição, já que o grande usuário do produto é a população rural. Segundo Diniz, as pesquisas hoje existentes na área são feitas no sentido de baratear os custos do produto subsidiado pelo governo e torná-lo mais específico ao veneno de cada tipo de serpente.

UFMG produz peroxidase

A partir do processamento do rabanete, uma equipe de pesquisadores do Departamento de Bioquímica e Imunologia da UFMG já está produzindo em laboratório a peroxidase, enzima que atua no organismo defendendo-o do envelhecimento celular precoce e de alguns tipos de câncer. Em análises clínicas, é largamente empregada na dosagem de glicose, ácido úrico, colesterol e outros metabólicos importantes. Seu uso em testes para dosagem de antígenos facilita o diagnóstico de doenças como Chagas, hepatite e Aids.

De uma tonelada de rabanete da variedade *Horse radish*, a equipe obteve cem gramas da enzima, após triturar o vegetal e submetê-lo a processos de purificação através de cromatografia. O coordenador da equipe, Edyr Rogana, acredita que a obtenção da enzima poderá baratear sensivelmente os custos das análises que dependem de seu emprego, já que não haverá necessidade de importar o produto dos Estados Unidos. Ele estima que pelo menos 500 mil dólares deixarão de ser gastos com a importação da enzima.

CONTRAPONTO EM TOM MENOR

Virou moda jogar os anos 80 na lata de lixo. A década Geni. Na área de ciência e tecnologia (c&t), isto tem sido frequente, atingindo desde pesquisadores até autoridades do ramo. Realmente, o confronto entre a resultante final e as expectativas iniciais é frustrante. No entanto, é preciso afinar o instrumento de análise, com vistas a resgatar o positivo, não só para fazer justiça aos seus artífices, como também para nos orientarmos frente a esta nova década que, lá se vai um ano e meio, ainda não disse a que veio. É sempre bom lembrar, os anos 80 devolveram ao país a democracia — que espero não percam os anos 90.

Defendo o ponto de vista de que o período que vai do início de 1985 a meados de 1988, com a criação do Ministério da Ciência e Tecnologia e as gestões de Renato Archer e Luiz Henrique, representou a instituição de um novo ciclo na política de c&t no país. Os programas e negociações nele encetados continuam paradigmáticos até hoje e possivelmente continuarão a sê-lo por bastante tempo.

Foi naquele momento que a questão científica e tecnológica se tornou um item político de primeira classe, ocupando maior espaço na imprensa. Sua repercussão no Congresso, em particular nos trabalhos constituintes, contribuiu muito, entre outros benefícios, para viabilizar a disseminação nos estados das fundações de amparo à pesquisa, que, lamentavelmente, começam a enfrentar problemas.

Pela primeira vez, procurou-se articular a política tecnológica como item central da política industrial. Refiro-me à Nova Política Industrial, cujo Programa de Desenvolvimento Tecnológico anuncia um conjunto de incentivos à capacitação, em parte retomados no atual Programa de Competitividade Industrial. Por outro lado, o Plano Nacional de Informática tornou-se o instrumento de uma política industrial centrada na questão tecnológica e sua implementação elevou o faturamento bruto do setor, entre 1985 e 1988, em 89% (de 2,7 para 5,1 bilhões de dólares).

Ainda no âmbito da política tecnológica, cabe mencionar os programas de apoio à pesquisa e desenvolvimento e a projetos de engenharia consultiva, que em 1987 chegaram a desembolsar cerca de 150 milhões de dólares, com recursos do Tesouro, da própria Finep e do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). Fato notável, sobretudo

considerando que em 1984 o desembolso foi de 18 milhões de dólares e que desde 1990 essas linhas de financiamento estão semi-paralisadas.

No terreno da política científica, o quadro não é diferente. As ações políticas atuais têm representado, de maneira geral, uma adaptação ou continuação do que foi proposto ou já vinha sendo tocado em 1985/1988, com a desvantagem de ser a *performance*, em alguns casos, bastante pior. É o que acontece com o financiamento à infraestrutura de pesquisa, cujo principal instrumento, o FNDCT, experimentou, entre 1985 e 1987, uma significativa recuperação, tendo desembolsado respectivamente 45, 71 e 93 milhões de dólares. A partir daí, reverte-se a tendência, chegando em 1990 a menos de 30 milhões de dólares desembolsados. É verdade que, com a recente aprovação do empréstimo do BID (aliás, também uma iniciativa de 1986), o quadro pode melhorar, mas certamente não contribui para isso o pequeno apoio político dado ao programa e à agência que o gerencia, a Finep.

É consensual a opinião de que o mais importante e bem-sucedido programa nacional da área de ciência é o Programa de Formação de Recursos Humanos, coordenado pelo CNPq/Capes e responsável pela produção de novos pesquisadores. Sua virtude situa-se não só no aumento significativo de bolsas concedidas no país e no exterior, como também na sua arquitetura, projetada para preservar as metas físicas propostas. O programa foi idealizado e negociado em 1986; no ano seguinte o número de bolsas subiria quase 40%, permanecendo em escala ascendente (embora menos rápida) até 1990. Ainda na área de recursos humanos, é da mesma época o programa de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (RHAÉ) que, montado para servir primordialmente à demanda dos setores de ponta, inclusive de empresas, tem recebido apoio do atual governo.

Por outro lado, ainda no âmbito do CNPq, alguns itens não foram bem equacionados no período. Os auxílios individuais, instrumentos tradicionais de apoio à pesquisa, vinham diminuindo sua participação no orçamento da agência e continuaram a cair. Deve ser ressaltada, em 1990, importante expansão da política de ampliação do alcance dos auxílios, através da modalidade integrada, projetada em 1987.

Outro aspecto que se manteve lamentavelmente inalterado durante a década pas-

sada foi a política relativa aos Institutos Nacionais de Pesquisa ligados ao CNPq e ao Ministério/Secretaria de Ciência e Tecnologia. Em 1986, o ministro Archer delineou a proposta de criação da Fundação Álvaro Alberto, que os colocaria em novo patamar administrativo e financeiro. A proposta enfrentou, porém, resistências no CNPq e nos próprios institutos, e acabou sendo abandonada. Hoje, a maioria deles — entre os quais o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, o Instituto de Matemática Pura e Aplicada e o Laboratório Nacional de Computação Científica — vivem situação pré-falimentar, sem que se vejam a curto prazo alternativas favoráveis.

Haveria ainda o que dizer do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), que é de 1984 e cuja primeira fase se desenvolveu até 1989. A atual administração tem lhe dado muito destaque. E, finalmente, do Programa de Laboratórios Associados, cuja proposta, bastante antiga, foi detalhada pelo professor Moysés Nussenzveig em 1987. no âmbito do Conselho Deliberativo do CNPq e, em seguida, discutida nas demais agências de fomento. Um dos principais pontos programáticos da Secretaria de Ciência e Tecnologia a partir de março de 1990, hoje ninguém mais fala nele.

Este texto não deve ser lido numa clave nostálgica ou saudosista. Principalmente porque o governo Sarney, após o período Archer/Luiz Henrique, piorou de maneira importante sua postura perante a área. Independentemente do juízo sobre os nomes envolvidos, cabe mencionar a instabilidade institucional decorrente da extinção do ministério, sua transformação em secretaria e sua fusão, e posterior desfusão, com o Ministério de Indústria e Comércio. Tenho apenas a intenção de mostrar que a maioria das ações da Secretaria de Ciência e Tecnologia da Presidência da República é continuidade ou contraponto ao que foi proposto entre 1985 e 1988, e, o que é mais importante, geralmente com menor êxito. A favor da equipe atual vai a competência de vários de seus membros e o fato de que ainda têm bastante tempo pela frente. Contra, está o crescente isolamento político e auto-suficiência, de resto marca registrada do governo como um todo.

REINALDO GUIMARÃES

SUB-REITOR DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA,
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO DE JANEIRO

ARACRUZ

ASSINA COMPROMISSO

DE PRIORIDADE

AO MEIO AMBIENTE.

A Aracruz Celulose - a maior produtora brasileira e a maior exportadora mundial de celulose de eucalipto branqueada - assinou no dia 10 de abril a Carta de Princípios sobre Desenvolvimento Sustentável. O documento, elaborado pela Câmara de Comércio Internacional, foi assinado por cerca de 200 empresas durante a II Conferência Mundial da Indústria sobre Gerenciamento Ambiental, em Roterdã, Holanda. Os 16 princípios contidos na Carta representam o compromisso das signatárias de tratar com prioridade as questões relacionadas ao meio ambiente. Seu conteúdo prevê o máximo empenho da iniciativa empresarial em aperfeiçoar continuamente seus produtos e serviços, conciliando a preservação do meio ambiente com o desenvolvimento econômico. A Carta de Princípios da CCI passa a servir de base às atividades das empresas que a ela aderiram, que se comprometem, também, a divulgar os resultados de sua aplicação prática. A Aracruz sente-se orgulhosa em fazer parte desse grupo de empresas.



ARACRUZ CELULOSE S.A.
Raízes brasileiras do progresso.

TEM SEMPRE UM BANCO ÚNICO NUMA MESINHA PERTO DE VOCÊ.

W/Brasil



Quando o cliente Unibanco quer ir até sua agência, ele só precisa ir até uma mesinha mais próxima. Onde tem uma mesinha, tem um telefone e, onde tem um telefone, tem uma agência Unibanco. Para entrar é só discar, o Unibanco está pronto para atender seus clientes 24 horas por dia durante os sete dias da semana. Sem pôr o pé fora de casa, o cliente pode pedir informações sobre sua conta corrente, poupança e fundos de investimentos. Pode pedir transferência de

recursos entre conta corrente e poupança ou aplicações e resgates nos fundos de investimentos. Também pode dar alguma sugestão, fazer reclamação ou obter dados sobre os indicadores econômicos. Se você é cliente Unibanco, dirija-se ao telefone mais próximo, que todos esses serviços já estão ao seu inteiro dispor. Mas se você não for cliente, dirija-se ao telefone assim mesmo. O Unibanco 30 Horas pode fazer abertura de conta corrente e contar direitinho como isso é possível.

235-0122

São Paulo

(011) 800-1066

Demais localidades ligação gratuita

UNIBANCO 30 Horas

6 HORAS NA AGENCIA, 24 NA SUA CASA.

*Nas agências Unibanco os funcionários estão disponíveis pelo menos 6 horas por dia.