

CIÊNCIA HOJE



Música Popular Brasileira **DE ONDE VEM O SUCESSO ?**

CONFIRMADO:

*O sertão
já virou mar...*

LA RECHERCHE

*O infinitamente
pequeno na química*

TERRAS RARAS

*Estratégicas e
cotidianas*

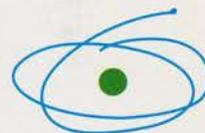


Uma Fundação com propostas para quem vive cheio de idéias.

A Capes é uma das fundações que mais investem na formação de recursos humanos de alto nível para o desenvolvimento acadêmico-científico brasileiro.

Atua decisivamente na formulação e na promoção de acordos internacionais de cooperação científica, na concessão de bolsas de pós-graduação no país e no exterior e na implementação das políticas para a pós-graduação.

Hoje, 60 mil alunos brasileiros de pós-graduação convivem com o trabalho da CAPES no seu dia-a-dia.



CAPES

Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
E DO ESPORTE

A TERAPIA GÊNICA AINDA ESTÁ NA INFÂNCIA

Em 1990, nos Estados Unidos, a terapia gênica de células somáticas aplicada a uma criança portadora de deficiência da enzima adenosina deaminase (ADA) atingiu resultados imediatos e encorajadores. Centros de pesquisa acadêmica, empresas farmacêuticas e até mesmo empresas especializadas em geneterapia logo iniciaram intensa competição, antevendo um mercado promissor. Quatro anos depois já existia mais de uma centena de protocolos clínicos (projeto de pesquisa) aprovados e cerca de 600 pacientes submetidos a tratamento de câncer (60%), doença genética (25%), AIDS (10%) e outras doenças, como artrite reumatóide e doenças vasculares (5%). Os primeiros protocolos buscavam avaliar a segurança dos procedimentos mais que a eficácia terapêutica. Mas, diante de tanto entusiasmo, o próprio vice-presidente da divisão de terapia experimental do laboratório Park-Davies cuidou de alertar que o fervor superava a pesquisa. A seu ver, toda esta expectativa em torno da terapia gênica não se justificava.

Editorial da revista *Lancet*, de março de 1995, reconhece que, não obstante a técnica da geneterapia somática não oferecer grandes riscos, há pouca evidência de eficácia terapêutica. O tempo mostrou que as duas crianças tratadas de deficiência de ADA precisam de tratamentos repetidos a cada seis meses. É oportuno lembrar que efeito mais duradouro no tratamento dessa doença já havia sido obtido por transplante de medula. O paciente com hipercolesterolemia familiar (HF) apresentou pequena baixa dos níveis de colesterol. E poucos pacientes com câncer apresentaram boa resposta clínica.

Na mesma época, os próprios geneterapeutas reconheciam que os passos necessários à terapia gênica são fáceis de enumerar e difíceis de alcançar. Assim como na farmacologia tradicional é necessário dispor de medicamentos para realizar o tratamento, em geneterapia é necessário: 1) isolar o gene a ser usado como droga; 2) inserir o gene e, quando possível, sua seqüência reguladora próxima em células específicas do paciente; 3) incorporar o gene inserido ao genoma, de forma estável, e fazê-lo funcionar produzindo, por longo período, quantidade suficiente da proteína que codifica; e 4) lograr que todos esses procedimentos não apresentem efeitos colaterais deletérios.

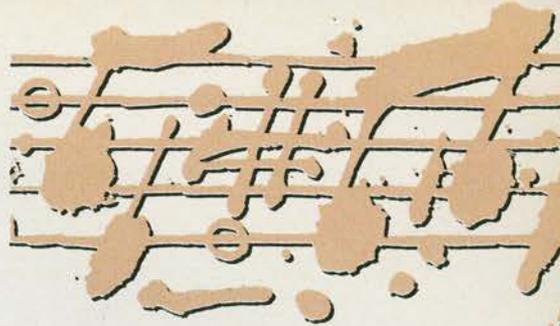
Os 40 autores dos artigos sobre terapia gênica no *British Medical Journal*, em janeiro de 1995, têm visão confluyente quanto aos avanços e ao futuro da terapia gênica: tratar doença com DNA é realidade técnica ainda distante da aplicação clínica. A terapia gênica está na infância e tem muitos problemas para resolver. As idéias continuam na frente da realidade, afirmam Evans, Affara e Lever. A novidade precisa ser testada, sobretudo porque os meios de transferência gênica (vetores) são relativamente rudimentares. E mais do que isso: não estão afastados os riscos de mutação, reação antigênica, infecção viral, contaminação inadvertida de

células germinativas e poluição do genoma humano. Esses mesmos autores afirmam que, embora a geneterapia germinativa não seja permitida por lei, existe na geneterapia somática o risco de transformação inadvertida de células da linha germinativa, e que esses riscos variam de acordo com os procedimentos usados em cada protocolo. Esta afirmativa coloca a discussão bioética em novos termos. A geneterapia somática não é mais comparável à terapia por transplantes. A forma tradicional de avaliar risco e benefício também se altera: a vantagem terapêutica será para o paciente, mas o risco envolverá seus descendentes. Transformação involuntária da linha germinativa implica dupla responsabilidade moral: a de alterar em definitivo o genoma dos descendentes, e a de fazê-lo de modo não-controlável. Na tentativa de amenizar as preocupações bioéticas, estão sendo desenvolvidas técnicas para prevenir a contaminação germinativa por geneterapia somática. Duas abordagens são propostas: 1) triagem rigorosa dos genes dos vetores; e 2) introdução, nos vetores, dos genes denominados 'passageiros letais', os quais poderão, sob controle farmacológico, destruir as células nas quais se encontram, caso ocorra contaminação indesejada.

Por outro lado, a experiência vem demonstrando que não são todas as doenças genéticas que potencialmente poderão ser tratadas por terapia gênica somática. O modelo mais promissor para geneterapia somática preconiza que as doenças genéticas com potencial de sucesso terapêutico são aquelas cujas células, depois de tratadas, passam a ter vantagens seletivas sobre as não-tratadas. Isto é, doenças genéticas, cuja mutação responsável pela manifestação clínica envolva o metabolismo do DNA, de modo que as células afetadas também apresentem inibição da divisão celular. Deste modo, a correção do defeito por introdução de gene levaria a célula tratada não apenas a readquirir a função normal, mas também a normalizar o padrão de divisão celular; ao mesmo tempo, as células não corrigidas continuariam a se dividir lentamente. Três doenças genéticas satisfazem esse pré-requisito: deficiência de ADA, deficiência de PNP (purina nucleosídeo fosforilase) e síndrome de Lesch-Nyhan.

A experiência com o tratamento de ADA continua trazendo lições para a terapia gênica em humanos. As duas pacientes tratadas apresentam respostas diferentes, ainda que em circunstâncias semelhantes: a primeira tem resposta imune bem melhor que a segunda. Forte interação ambiente-genética também vem sendo observada na resposta terapêutica em animais transgênicos, como ratos engenheirados com o gene da fibrose sistica humana. Superado o entusiasmo inicial, prevalece hoje o consenso de que a terapia gênica de células somáticas em humanos está começando a ser compreendida.

OS EDITORES



EDITORIAL

CARTAS

UM MUNDO DE CIÊNCIA

A história da descoberta dos supercondutores até a chegada aos vórtices, hoje indispensáveis em qualquer pesquisa nesse campo.

A ciência se depara a cada dia com tipos de câncer que resistem ao uso da quimioterapia. Cientistas de todo o mundo estão tentando descobrir a razão dessa resistência.

CRÔNICA

Num texto instigante, pesquisador navega entre advérbios e vacinas, construindo o diálogo entre dois campos díspares das ciências.

RESENHA

Coletânea de artigos reunidos no livro *Besta-Fera – Recriação do Mundo* mostra a construção do pensamento do antropólogo Otávio Velho, indo do uso de imagens bíblicas pelas populações camponesas até a globalização que é, a seu modo, uma recriação do mundo.
Por Jessé Souza.

Filosofia e ciência têm um encontro polêmico no livro de Gerard Fourez, *A Construção das Ciências – Introdução à Filosofia e à Ética das Ciências*, realimentando a discussão em torno da questão da crise dos paradigmas.
Por Tarso Bonilha Mazzotti.

1 TOME CIÊNCIA 16

O que acontece com os peixes que passam a viver isolados em cavernas, onde em geral não há luz e os alimentos são escassos?
Por Eleonora Trajano.

4 OPINIÃO 20

A alta tecnologia é absolutamente indispensável para salvar o planeta e realizar uma reforma agrária com resultados produtivos e duradouros.

6 Tradição e ruptura – a chave do sucesso da moderna canção brasileira 24

Marcos Napolitano
A capacidade dos compositores de sintetizarem o arcaico e o moderno é analisada desde os primeiros momentos de criação da canção brasileira, ainda no século XIX, até nossos dias, quando a MPB se constitui em produto de exportação.

11 Terras raras – dominando a tecnologia de materiais estratégicos 30

Graciela Arbilla, Sergio Machado Corrêa e Marcelo S. Carvalho
Desprezadas no passado recente, as chamadas terras raras estão presentes hoje tanto na medicina como na fabricação de telas de televisores e de computadores, reatores nucleares, cerâmicas supercondutoras; e o Brasil já consegue terras raras com pureza superior a 99,99%.





O sertão já virou mar...

Celso Dal Ré Carneiro

e Fernando Flávio Marques de Almeida

No início do século, Alfred Wegener foi ridicularizado porque lançou a hipótese de que os continentes haviam se separado e deslizado. Nos anos 60, sua hipótese foi confirmada cientificamente. Sabe-se hoje que os oceanos e os continentes podem desaparecer e os avanços tecnológicos têm permitido reformular inteiramente o modelo da estrutura interna da Terra.

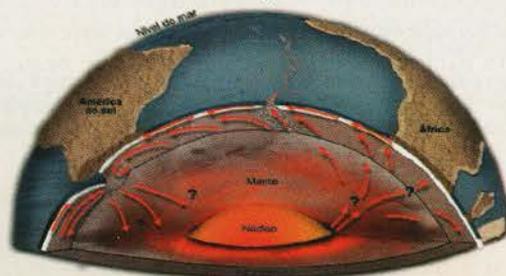


RÉCHERCHE CIÊNCIAHOJE

O mundo do infinitamente pequeno nas reações químicas

O artigo de Yann Gauduel mergulha, em detalhes minuciosos, no universo das reações químicas, desvendando processos que passam despercebidos tanto para leigos como para pesquisadores e antecipam a química do futuro.

Capa: Ilustração Cavalcante.



40 : É B O M S A B E R

62

- A importância dos rios temporários nos ecossistemas.
- A anatomia dos carvões pré-históricos.
- A mosca que vive a partir dos ovos que bota na cabeça das formigas.
- A exploração sem critério da erva-mate ameaça sua existência.

CIÊNCIA EM DIA

70

- Pesquisas genéticas identificam precocemente síndromes infantis.
- Cetesb e Eletropaulo se unem para despoluir o Tietê.
- Na UFRJ, pesquisa bioquímica utiliza centro de ressonância magnética.
- As barragens e os poços artesianos podem esfriar as águas de Caldas Novas.

TECNOLOGIA

76

- 52 • Pesquisas do IPT/USP buscam cimentos alternativos com baixos custos de produção, usando escória da indústria siderúrgica e aglutinantes naturais.

PONTO DE VISTA

80

- Cura da AIDS: Esperança com cautela.

Em defesa dos animais

A Lei 5.197 de 3 de janeiro de 1967, em seu artigo primeiro, diz o seguinte: animais em qualquer fase do seu desenvolvimento e que vivem atualmente fora de cativeiro e constituem a fauna silvestre, bem como seus ninhos, abrigos e criadouros naturais são de propriedade do Estado, sendo proibida a sua utilização, perseguição, destruição, caça ou apanha. (...)

O Governo não tem dado a devida atenção a essa lei e, por causa dessa omissão, descaso e negligência muitas espécies estão sendo extintas. O tráfico de animais silvestres no Brasil é vergonhoso (...). Os fiscais não fiscalizam e infringem não só a lei citada, como o Decreto-Lei 24.645/34, que fala sobre os maus tratos aos animais. (...) Tudo isso vem ocorrendo aqui em Maringá e, em todo o Brasil, não é diferente.

Cerca de 12 milhões de animais silvestres são retirados das matas todos os anos para serem vendidos irregularmente. De cada 10 capturados, só um chega a seu destino. Nove morrem no caminho, devido às péssimas condições de transporte. O próprio governo admite essa nojenta impunidade e irresponsabilidade.

Funcionários dos órgãos ambientais, muitos deles, vivem exclusivamente desse trabalho e, no entanto, tratam com

descaso os animais silvestres. Visam apenas o salário no final do mês. Parece que nesta área o Brasil não tem presidente. (...)

Queremos alertar àquelas pessoas físicas ou jurídicas que se interessam pelo problema, que é nosso, para que entrem na justiça contra esses órgãos ambientais – municipais, estaduais, federais – através do Procon, ou mesmo na justiça comum. A lei existe e tem de ser cumprida, inclusive denunciando-se, se preciso, o próprio Ibama. Converse com o promotor de sua cidade. Os animais têm direito à liberdade, bons tratos e, acima de tudo, de poder viver em seu próprio habitat.

Jayme Guerra,
Maringá, Paraná.

Antimatéria

Li em *Ciência Hoje* nº 117, p. 51, no artigo 'Antimatéria', a seguinte afirmação: "... ter variadas aplicações, desde a geração de eletricidade (do mesmo modo que nos atuais reatores nucleares) ...".

Certos assuntos científicos são mantidos em estado de 'semi-esclarecimento', causando dúvidas e desinformação, até mesmo em pessoas cultas, porém sem conhecimentos específicos dos mesmos.

É preciso que fique bem claro para todos que a fissão nuclear do urânio, que ocorre nos

reatores nucleares, não gera eletricidade. O resultado dessa fissão é somente a obtenção de energia térmica + resíduos de substâncias radioativas. *Hélio Maurício Pacheco de Almeida, Rio de Janeiro, RJ.*

O leitor tem razão ao afirmar que a fissão nuclear do urânio não gera – diretamente – eletricidade. Mas em nenhum momento o texto publicado em CH diz isso. Essa fissão libera grande quantidade de energia, em forma de radiação e energia cinética (pois seus produtos são liberados a altas velocidades). Essa energia torna-se, por processos físicos, energia térmica, e esta é empregada para aquecer água e transformá-la em correntes de alta pressão. Tais correntes acionam turbinas e a energia mecânica destas é transformada, por geradores, em eletricidade. Esse é o "modo" de geração de eletricidade observado "nos atuais reatores nucleares", como está no texto.

Correção

No artigo *Manguezal: ecossistema egoísta ou benevolente?*, publicado na seção 'Tome Ciência' em *CH* nº 120 (p. 6), a última frase da primeira página ficou incompleta. A frase correta é a seguinte: "A sucessão das marés provoca, nesse ecossistema, mudanças na salinidade, no potencial

de oxirredução, no potencial hidrogeniônico (ver 'Fatores ambientais'), nas concentrações de oxigênio dissolvido e, em conseqüência, na disponibilidade de nutrientes para as árvores."

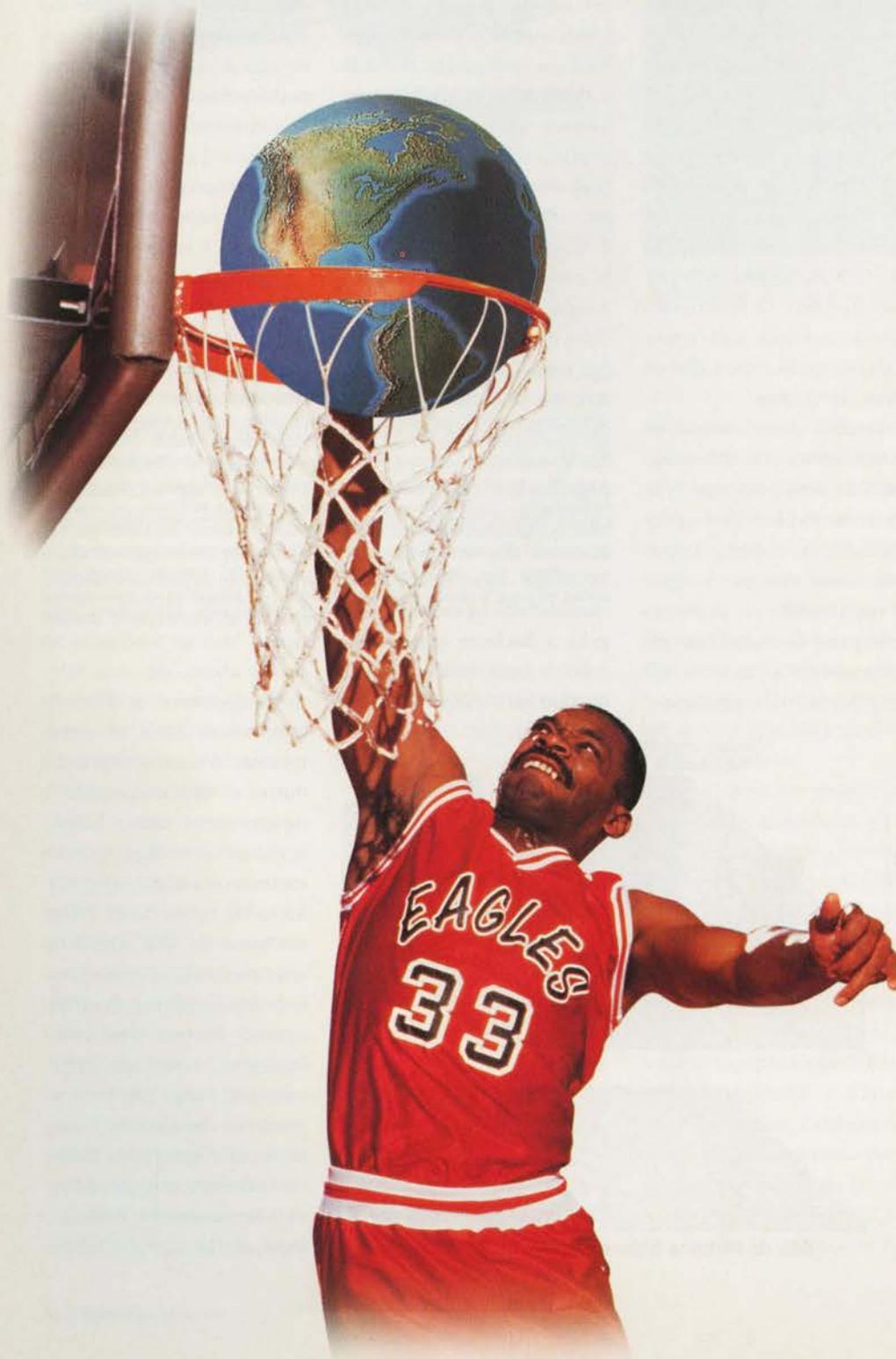
Na segunda página, o processo de redução foi definido – por erro da edição, e não do autor – de forma incorreta. Segundo a conceituação atual, a redução é um dos processos complementares – o outro é a oxidação – da chamada reação redox, que envolve a transferência de átomos de oxigênio, átomos de hidrogênio ou elétrons entre elementos ou compostos químicos. Na redução, um dos reagentes perde oxigênio, ganha hidrogênio ou ganha elétrons livres. Simultaneamente, ocorre a oxidação (ganho de oxigênio, perda de hidrogênio ou perda de elétrons) de outro reagente. Na quarta página, está incompleto o símbolo de micromoles por litro (o correto é M).

Errata

Na edição 121 de *Ciência Hoje*, pág. 62, deixamos de dar a instituição a que pertence o Programa de Estudos do Tempo Presente, no qual atua o professor Francisco Carlos Teixeira da Silva. O programa é do Instituto de Filosofia e Ciências Sociais da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

I N T E R N E T

O MUNDO VAI ENTRAR NO JOGO DE SUA EMPRESA



A Internet está se tornando uma necessidade cada vez mais concreta para qualquer empresa. Estar na rede significa abrir-se para o mundo, criar novas perspectivas de negócios e, acima de tudo, armar-se para a nova era digital. Tudo o que você precisa é escolher bem seu provedor de acesso.

Contrate um craque como a DIALDATA, o maior e mais completo provedor do Brasil. Assim suas expectativas não ficam apenas no campo virtual. A DIALDATA é a primeira a viabilizar um sistema seguro de transações comerciais via rede e oferece a melhor assistência para sua empresa fazer muitos pontos.

Não é à toa que algumas das maiores companhias do Brasil estão em nosso time. Jogue você também com a DIALDATA e faça o mundo entrar na sua rede de negócios.

Solicite maiores informações pelo tel: 829-4731

DIALDATA

I N T E R N E T

A curiosa 'anatomia' dos supercondutores

A determinação dos elementos fundamentais que permitem entender um sistema complexo é talvez o mais fundamental dos padrões do raciocínio humano. Por isso, é largamente utilizado em física: se um estado é coletivo, então devem existir elementos que o compõem e o explicam. Tal ponto de vista inicial inspirou alguns filósofos da Grécia antiga em sua busca sobre o que seria a matéria. Empédocles imaginou que, se existiam tantas substâncias distintas, deveria haver algo mais elementar, e apontou como fundamentais a terra, o fogo, o ar e a água. Dentro da mesma busca, Leucipo e Demócrito fundaram o atomismo, doutrina em que os elementos básicos seriam partículas materiais indivisíveis e infinitesimais, os átomos, que se combinariam entre si para formar a matéria. Demorou dois mil anos para que a ciência decidisse quem estava com a razão. Hoje, sabemos algo mais, fora do alcance do mundo antigo: não basta apenas propor uma hipótese, é preciso verificá-la experimentalmente.

Coletivo e elementar são conceitos complementares que muitas vezes concretizam-se de forma abstrata. Desde a antiguidade, por exemplo, estava claro que os planetas formavam um grupo

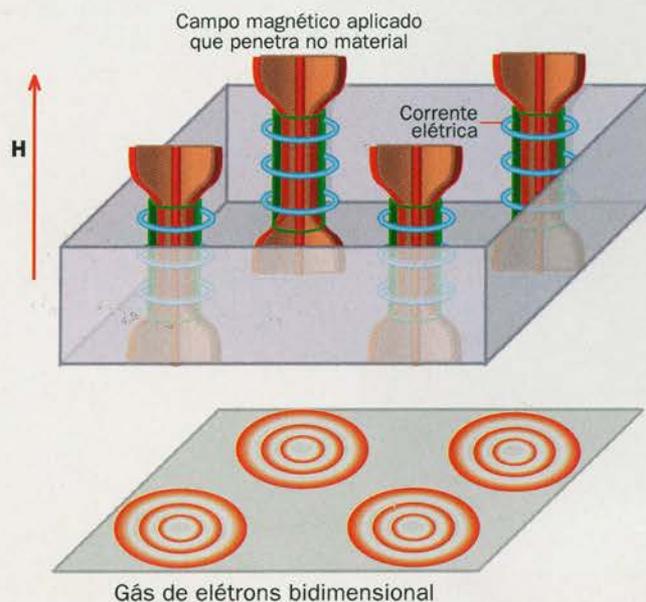
de astros à parte, entre os corpos celestes. Eles eram como 'átomos' do sistema solar, e durante muitos séculos seus diversos movimentos não foram entendidos. O elemento básico do problema – a força que o Sol exerce sobre cada um dos planetas – só foi encontrado pela física do século XVII, simbolizada por Isaac Newton. O movimento de todo o sistema solar resulta da interação entre todos os pares de 'átomos'.

Dentro desse ponto de vista atomista e considerando todas as interações entre pares, como explicar certas propriedades da matéria? Tomemos como exemplo a água: se tudo resulta da interação entre pares de moléculas, que permanecem as mesmas antes e depois do congelamen-

to, o que muda na transição do estado líquido para o sólido (ou vice-versa)? Sabemos que uma garrafa fechada e cheia de água até o gargalo estoura ao ser congelada. A explicação da teoria atômica para esse fato, além de comprovada experimentalmente, é simples e inequívoca. A fase sólida corresponde a um arranjo periódico das moléculas da água, onde cada átomo tem seus vizinhos fixos, tal como uma pessoa sentada dentro de um cinema lotado. Na fase líquida, esse estado organizado é destruído: não existe ordem de longo alcance e cada átomo trafega entre os outros como uma pessoa caminhando na multidão. No gelo, a distância entre moléculas de água vizinhas é maior do que no estado líquido, e

por isso essa substância expande-se no momento do congelamento. No entanto, esse não é o comportamento padrão observado na maioria dos materiais, que encolhem ao passar para a fase sólida: supostamente o estado líquido, sendo mais desorganizado, é menos denso.

Em 1911, o físico holandês Heike Kamerlingh Onnes, ao estudar as propriedades elétricas do metal mercúrio à temperatura de 4,2 K (Kelvin), que equivale a $-268,8^{\circ}\text{C}$, descobriu um novo estado da matéria, a supercondutividade. Um fio supercondutor não sofre aquecimento com a passagem da corrente elétrica, tornando-se ideal para essa tarefa. Mas tal fenômeno só ocorre abaixo de certo valor de temperatura: a chamada temperatura crítica. Até recentemente o estado supercondutor só era encontrado a temperaturas muito baixas. Algumas previsões teóricas estabeleceram um valor máximo de temperatura crítica em torno de 30 K, acima do qual não poderia existir o estado supercondutor. Em 1986, porém, ocorreu uma revolução na área dos materiais que jogou por terra as previsões anteriores: Georg Bednorz e Klaus Alex Müller descobriram supercondutividade em material cerâmico especial ($\text{La}_{(2-x)}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$) em



38 K (-235°C) e, no ano seguinte, Paul Chu sintetizou outro composto cerâmico ($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$) com temperatura crítica de 90 K (-183°C), portanto acima da temperatura de liquefação do nitrogênio (77 K, ou -196°C). Desde então vários laboratórios do mundo buscam sintetizar compostos com temperatura crítica cada vez mais elevada – o recorde atual é de 150 K (-123°C), em composto sob pressão.

Em 1931, os físicos alemães W. Meissner e R. Ochsenfeld descobriram uma propriedade inusitada: o estado supercondutor e o campo magnético são mutuamente exclusivos. Se a temperatura de um metal for reduzida, em presença de campo magnético externo, a ponto de torná-lo supercondutor, o campo magnético dentro do material torna-se nulo. O fenômeno acontece porque, no supercondutor, surgem correntes elétricas em sua superfície. Como sabido, pela lei de Ampère, uma corrente gera um campo magnético, e o supercondutor aproveita-se disso para criar dentro de si um campo magnético idêntico e contrário ao campo aplicado, tal que a soma dos dois se anula no interior. Dessa forma, o campo externo é expelido da amostra.

Os metais puros enquadram-se razoavelmente nesse cenário, mas não os demais materiais tal como as ligas metálicas, inicialmente estudadas pelo físico russo L. Schubnikov no final dos anos 30. A explicação foi dada em

1957 por outro físico russo, A. Abrikosov: apesar de ainda mutuamente exclusivo, o convívio entre o campo magnético e o estado supercondutor, nas ligas, é mais elaborado do que o considerado até então. Tal estado foi classificado como de tipo II, enquanto o dos metais puros passou a ser chamado de tipo I. Na mesma categoria das ligas metálicas encontram-se os novos supercondutores cerâmicos de temperatura crítica elevada. A penetração do campo magnético acontece, mas de modo bastante original, assemelhando-se ao escoamento da água por ralos abertos no fundo de uma piscina mantida sempre cheia. O estado resultante em cada ralo é um rodaminho que tem no seu eixo central ar e em torno correntes de água circulando. Pode-se dizer que o ar e a água também são mutuamente exclusivos, pois não ocupam o mesmo lugar no espaço. A analogia vale para o que ocorre nos supercondutores do tipo II: a água faz o papel do estado supercondutor e o ar do campo magnético. Nesse tipo de supercondutor, portanto, as correntes elétricas na superfície da amostra não são suficientes para anular totalmente o campo magnético aplicado que então atravessa a amostra formando rodaminhos – conhecidos como ‘vórtices’. Estes surgem espontaneamente nas superfícies do supercondutor devido a competição energética entre o campo magnético externo e o estado supercondutor

enquanto os rodaminhos da piscina requerem a abertura dos ralos para induzir a competição entre água e ar.

Os conceitos de coletivo e elementar são importantes para a compreensão do que ocorre em supercondutores. Tais conceitos são complementares, pois o que é elementar pode possuir estrutura interna, e para o entendimento de um sistema vale muitas vezes a pena considerar um objeto composto como elementar. Muito tempo após os filósofos gregos, cientistas do século XVIII e XIX concluíram que as unidades fundamentais da matéria eram as moléculas, pois a combinação química entre estas dá origem a todas as substâncias. Descobriu-se depois que as moléculas podiam ser destruídas e divididas em átomos, por sua vez também feitos de elétrons, prótons e nêutrons, os dois últimos compostos por partículas ainda menores. No entanto, para entendermos muitos dos processos químicos, não precisamos ir além das moléculas, que podem ser vistas como elementares em muitas situações.

O estado supercondutor também é palco para indagações sobre os conceitos de coletivo e elementar. Mais de 50 anos decorreram da descoberta da supercondutividade até a formulação, em 1957, de uma teoria microscópica do fenômeno, que deu a três físicos norte-americanos – John Bardeen, Leon Cooper e Robert Schrieffer – o Prêmio Nobel de Física em

1972. Segundo essa teoria, os ‘átomos’ do estado supercondutor são elétrons emparelhados na banda de condução, chamados de pares de Cooper. O estado coletivo formado por esses pares de elétrons permite que a corrente flua sem perda de energia, fato que só pode ser explicado através da mecânica quântica. Os pares de Cooper podem ser destruídos, e seu desaparecimento – por elevação da temperatura até atingir o valor crítico, por exemplo – acarreta o fim do estado supercondutor.

Curiosamente, a prática científica tem mostrado que, para compreender diversas propriedades elétricas e magnéticas dos supercondutores do tipo II, é necessário tratar os vórtices como partes elementares, embora sejam estruturas reconhecidamente compostas (como os rodaminhos da piscina). Similarmente às moléculas, os vórtices podem ser destruídos e criados. Exigem um campo magnético externo mínimo para seu surgimento, crescem em número à medida que esse campo externo aumenta em valor, e finalmente para um campo externo suficientemente intenso, tornam-se tão numerosos e próximos uns dos outros que o estado supercondutor colapsa. Somente 10 anos após a sua previsão teórica os vórtices foram visualizados por dois físicos alemães, U. Essman e H. Trauble, que comprovaram a hipótese de Abrikosov: os vórtices formam um arranjo periódico no plano perpen-

dicular à direção do campo aplicado.

O mesmo experimento de Essman e Trauble foi repetido para os materiais cerâmicos, logo após a descoberta destes. Procurou-se observar o arranjo cristalino dos vórtices em duas temperaturas distintas, 4,2 K (onde os vórtices foram observados) e 77 K (onde não foi possível sequer visualizá-los). A interpretação para comportamento tão distinto é que na temperatura de 4,2 K os vórtices estão suficientemente estáticos para serem vistos, enquanto a 77 K comportam-se como crianças que se mexem no instante em que são fotografadas. Desde então, sofisticados experimentos têm indicado que os vórtices formam outras fases além da cristalina – comportamento semelhante a molé-

culas de uma substância qualquer, como a água. Em particular, E. Zeldov* e colaboradores, através de uma técnica extremamente criativa de medir a densidade de vórtices, esfriaram uma amostra de material cerâmico ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$) com temperatura crítica de 90 K (-183°C), num campo magnético aplicado de 240 oersted. À temperatura de 58,45 K (-214,55°C), a densidade de vórtices decai bruscamente, significando uma mudança estrutural no estado supercondutor, pois ocorre abaixo da temperatura crítica. Tal transição, chamada de primeira ordem, também ocorre na água, por exemplo, quando passa do estado líquido para o sólido por redução de temperatura.

A técnica desenvolvida

por E. Zeldov* e que permitiu medir de maneira precisa esta transição baseia-se na utilização de uma heterojunção (sistema semiconductor em camadas) de GaAs/AlGaAs. Sobre ela é colocada a amostra supercondutora, e o campo magnético externo é aplicado perpendicularmente à superfície divisória. Como conhecido do estudo de semicondutores, na superfície da heterojunção aflora um gás de elétrons bidimensional, que aqui serve para medir a densidade local de vórtices no supercondutor.

Tais experimentos permitiram concluir que parece haver uma similaridade entre a rede de vórtices e o gelo: ambos, ao derreterem (o termo é aplicado também à rede de vórtices) sofrem contração, criando 'líquidos' com maior

densidade do que os 'sólidos' correspondentes. Teorias atuais** prevêm mais de uma fase de vórtices para todos os supercondutores do tipo II e justificam o fato dessas fases serem mais visíveis nos novos materiais cerâmicos através de alguns fatores intrínsecos, tais como a forte anisotropia, a elevada temperatura crítica e outros. No momento, existe um grande esforço experimental para reconhecer as propriedades dessas novas fases, distintas entre si, de acordo com os arranjos espaciais e a mobilidade dos vórtices.

* *Nature*, vol. 375, p. 373 (1995).

** *Nature*, vol. 375, p. 356 (1995).

Mauro M. Doria

Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense.

Resistência a múltiplas drogas: desafio no tratamento do câncer

O uso da quimioterapia no tratamento de tumores abriu novas perspectivas para pacientes que sofrem de câncer. A qualidade de vida desses pacientes vem melhorando graças à descoberta de drogas eficazes contra tumores de diversos tipos. Hoje, no entanto, médicos e cientistas deparam-se com um sério

desafio: o aparecimento de tumores que não respondem ao tratamento.

Para desvendar o mecanismo que faz alguns tumores tornarem-se refratários à quimioterapia, há alguns anos pesquisadores de todo o mundo cultivam linhagens tumorais *in vitro*. Esse procedimento consiste em isolar

células de tumores de pacientes e mantê-las vivas em laboratório, tentando reproduzir o que ocorre no organismo durante o tratamento. Assim, culturas de células tumorais sensíveis a uma determinada droga são continuamente expostas a esta mesma droga, gerando linhagens 'resistentes'. Tal método

de cultivo celular, aliado ao desenvolvimento de técnicas modernas de biologia molecular, possibilitou progressos marcantes na compreensão dos mecanismos usados pelas células tumorais para desenvolver resistência, 'fugindo' da ação dos produtos quimioterápicos.

Curiosamente, diversos

tipos de tumores tornam-se resistentes não só à droga usada no tratamento inicial mas a uma grande variedade de outros produtos citotóxicos. Esse efeito foi denominado resistência a múltiplas drogas – expressão conhecida pela sigla MDR, de *multi-drug resistance*. A análise das células tumorais resistentes mostrou que essa capacidade está ligada à presença, em sua superfície, de uma proteína denominada P-glicoproteína (P de permeabilidade) ou de proteínas relacionadas (MRPs – *multidrug resistance related proteins*). Essas proteínas, que atuam como bombas de expulsão de drogas, fazem com que as células resistentes acumulem em seu interior uma quantidade de droga menor do que a encontrada em células sensíveis, dificultando a atuação dos produtos quimioterápicos.

No entanto, o surgimento de tumores multirresistentes que não apresentam alterações do conteúdo de P-glicoproteína ou MRPs levou os cientistas a imaginar que outros mecanismos deveriam estar envolvidos no surgimento do fenômeno. Em 1993, o grupo de Rik J. Scheper, do Hospital Universitário de Boelelaan, em Amsterdã (Holanda), identificou em células tumorais do pulmão outra proteína, que recebeu o nome LRP (de *lung resistance-related protein*). A LRP aparece, em quantidades maiores do que o normal, em diversos tumores multirresistentes, cujas células não apresentam



Figura 1. Mecanismos envolvidos na resistência a múltiplas drogas (MDR). Para facilitar a compreensão, os mecanismos estão incluídos em apenas uma célula.

aumento de P-glicoproteína ou de MRPs. Além disso, enquanto as proteínas descobertas há mais tempo situam-se na membrana celular, a LRP ocorre em vesículas distribuídas pelo citoplasma.

No ano passado, a equipe dirigida por Scheper divulgou* a clonagem e o seqüenciamento (a ordem das bases nitrogenadas que constituem os genes: adenina, citosina, guanina e timina) do gene responsável pela produção da proteína LRP. Essa proteína é semelhante ao principal componente estrutural da organela celular denominada *vault* (o nome, que significa abóbada em inglês, decorre da forma dessa estrutura, vista em microscópio eletrônico).

Descobertas em 1986, as *vaults* são ribonucleoproteínas, ou seja, moléculas constituídas de proteínas e ácido ribonucléico. Esse tipo de mo-

lécula geralmente participa de diversas funções celulares, como a síntese de proteínas e de RNA, mas ainda não se sabe se isso ocorre com as *vaults*, que aparecem distribuídas ao longo do citoplasma, associadas a vesículas ou unidas aos poros da membrana nuclear. Embora a função das *vaults* e/ou das LRP na multirresistência a drogas não esteja clara, algumas especulações podem ser feitas. As associadas aos poros nucleares poderiam regular o transporte de drogas do citoplasma para o núcleo, impedindo, por exemplo, que drogas como adriamicina – cujo alvo é o ácido desoxirribonucléico (DNA) contido no núcleo – alcancem seu alvo. É possível ainda que LRP e/ou *vaults* associadas a vesículas ‘seqüestrem’ as drogas citotóxicas e as transportem para outras vesículas, que

serão liberadas para o meio externo.

Atualmente, já são utilizados alguns produtos quimioterápicos capazes de bloquear a ação da P-glicoproteína, mas os pesquisadores ainda buscam drogas que impeçam o crescimento de tumores multirresistentes. A identificação de proteínas envolvidas na resistência múltipla pode contribuir para isso, levando ao desenvolvimento de novos medicamentos contra o câncer.

* *Nature Medicine*, vol. 1, nº 6, pp. 578-582 (Junho de 1995).

Flávia Carvalho Alcântara Gomes

Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

O cálculo do número π

O último *round* da velha 'guerra' em torno do número π (Pi) acaba de ser ganho por um professor da Universidade de Tóquio (Japão), que rivalizava com um grupo da Universidade de Colúmbia (EUA). O objetivo era determinar o valor mais preciso de π . Utilizando um computador e levando cinco dias para fazer cada cálculo, de duas maneiras diferentes, Yasumasa Kanada calculou o valor com 6 bilhões, 442 milhões e 450 mil decimais. O valor da constante π , um número irracional, é a razão entre o tamanho da circunferência e do diâmetro de um círculo. *Nature*, vol. 379, 291 (1996).

Uma possível vacina contra a cocaína

Uma nova estratégia para o tratamento dos viciados em cocaína pode ser o uso de substâncias que atuem como vacinas, de forma semelhante ao que se faz contra outros agentes patogênicos. A ação da cocaína, como a de outras drogas que viciam, caracteriza-se por distúrbios neurobiológicos e anomalias de comportamento, tais como ingestão compulsiva e dependência. M. Rocío A. Carreras e pesquisadores do Instituto de Pesquisa Scripps, de La Jolla (EUA), demonstraram, pela primeira vez, que é possível conseguir uma imunização ativa contra os efeitos psicoativos da cocaína. Consegue-se isso através da ligação de similares estáveis da droga com uma proteína ex-

terna transportadora, que estimula o sistema imune a produzir anticorpos. Estes irão reconhecer e ligar-se às drogas, impedindo-as de se difundir no sistema nervoso central e prevenindo os efeitos psicoativos.

Fazendo experimentos em ratos, os pesquisadores mostraram que uma pré-imunização contra a cocaína diminui a concentração da droga no cérebro, quando esta é injetada, e reduz os efeitos da atividade locomotora que se segue às injeções sistêmicas. O trabalho é inovador e potencialmente útil em certas circunstâncias. Entretanto, deixa várias questões em aberto, como a possibilidade de hipersensibilização, criando reações alérgicas adversas, e a duração da imunidade. Além disso, não leva em conta aspectos neurobiológicos e de motivação dos viciados, que poderiam recorrer a drogas alternativas. A dependência de drogas é uma doença mental complexa, que desafia soluções imediatistas. *Nature*, vol. 378, p. 666 e 727 (1995).

Ameaça à camada de ozônio diminui

A concentração de cloro na atmosfera está diminuindo e isto cria certo otimismo quanto ao futuro da camada de ozônio na estratosfera, que protege os seres vivos contra a radiação ultravioleta. O controle do uso de agentes químicos – os CFCs (clorofluorcarbonos) – imposto pelo famoso Protocolo de Montreal em 1987 pode dar início, até

o fim da década, à recuperação da camada. No final de 1994, com a queda de produção dos CFCs, a concentração de cloro na atmosfera começou a cair. Usando um modelo de computador, Charles Jackman, do Centro Goddard de Voo Espacial em Greenbelt (EUA), acha que, mantido o controle do uso do cloro, a camada de ozônio começará a se recuperar por volta do ano 2000 e até 2050 poderá alcançar os níveis de 1979, ano em que foi dado o alarmo sobre o buraco de ozônio na Antártida.

O cloro, no entanto, não é o único vilão. O bromo, usado em agentes químicos na agricultura ou para combater incêndios, também é um destruidor de ozônio. Embora mais raro que o cloro, seu poder de destruição é 40 vezes maior e certamente seu uso terá que ser controlado. Mesmo sob controle, o cloro ainda representa uma ameaça. Os países em desenvolvimento encontram maiores dificuldades para, seguindo os passos de nações mais ricas, satisfazer as exigências do Protocolo de Montreal.

Science, vol. 271, pp. 32 (1996).

Novos fósseis de hominídeos na África

Em nova região arqueológica, no nordeste da África, cientistas da Eritreia e da Itália desenterraram vários fósseis de hominídeo – um crânio, parte de uma bacia e um osso do dedo – em excelente estado de preservação. Estima-se que datam de dois milhões



Local onde foi encontrado o novo hominídeo.

de anos. O geólogo Ernesto Abbate, da Universidade de Florença (Itália), um dos chefes da equipe, acredita que os fósseis sejam de *Homo*: seriam os primeiros encontrados na região. Como eles ainda estão dentro de suas respectivas matrizes de terra ou pedra, não se pode dizer se eles pertencem ao *Homo erectus* ou a outro ancestral humano.

O novo sítio fica numa região desértica da Eritreia, a 500 km da Etiópia, país em que foram encontrados famosos fósseis de hominídeos, tais como 'Lucy', de 3,2 milhões de anos. Os fósseis já desenterrados no novo sítio – de elefantes, antílopes, porcos e carnívoros extintos – certamente ajudarão a reconstruir melhor o mundo dos hominídeos. O crânio encontrado poderá fornecer informações sobre a inteligência ancestral. *Science*, vol. 271, p. 32 (1996).

ANTICORPOS E VACINAS, ADVÉRBIOS E LINGÜÍSTICA

PEDRO PERINI-SANTOS

Departamento de Lingüística da UFMG

Desde a época de Pasteur, a imunologia vem enfrentando o desafio de compreender como e porquê as vacinas funcionam. Mesmo que a estrutura química dos anticorpos seja bastante conhecida, a ação e a organização do sistema imune permanecem no “limbo do

desconhecimento”. A produção de uma vacina não conduz à produção de uma outra vacina. A produção de uma vacina não ensina como se produzir uma outra. Nos laboratórios de imuno dos dias de hoje, a tentativa e o erro continuam sendo o único processo de criação e descobertas de novas vacinas.

Apesar deste profundo desconhecimento estrutural, sabe-se que a vacina antitetânica, por exemplo, imuniza contra o tétano e que a vacina contra a raiva imuniza contra a raiva. E isso faz parte da vida cotidiana das pessoas. Provavelmente, todos nós já tomamos a vacina contra o tétano após o ataque de um caco de vidro ou levamos nosso Rex – exemplar canino da raça indefinida – para ser vacinado contra a raiva na sede regional da Prefeitura. Sabemos para que serve uma vacina, quando e porque utilizá-la.

A ciência imunológica está longe de compreender o sistema imune. Isso é fato. Mas a ela se pode legar o mérito da descrição dos anticorpos e de suas relações com os antígenos.

A lingüística nem isto. Sua situação é ainda mais complicada e por três motivos.

Primeiro, porque para vários assuntos dispõem-se apenas de observações empíricas em seu estado bruto. Nada de conceitos. Nada de explicações. Por vezes, nem mesmo a distribuição dos dados em tabelas se torna possível. Ou os dados não são disponíveis; não existem! Segundo, porque o objeto da *ciência da linguagem* varia muito de acordo com as mudanças no espaço e no tempo. E, terceiro, porque as ‘naftalínicas’ tradições de pesquisa e de ensino nesta área atravancam significativamente o avanço de novas teorias.

Entre os vários pontos que estão nesta desconfortável situação de mistério encontram-se os advérbios. O que é um advérbio? Como funciona um advérbio? E o que caracteriza um advérbio? São perguntas que permanecem sem resposta satisfatória. Mesmo assim, mesmo não havendo conceitos fundamentais para a figura do advérbio, conseguimos reconhecer um advérbio em uma dada frase. Nossa intuição de falante descobre os advérbios no texto. Pode não classificá-los de acordo com a confusa lista das categorias adverbiais normalmente apresentada, mas reconhece o que é advérbio; percebe o que acontece na frase quando um advérbio é trocado por outro; quando sua posição na frase é modificada e qual é sua influência no significado do verbo.

Observemos as duas frases a seguir:

(1) Dancei ‘bonito’. = *me dei mal*.

(2) Escorreguei ‘legal’ na poça. = *escorreguei de verdade, quase caí*.

Os termos destacados são tradicionalmente classificados

como adjetivos mas, nos exemplos acima, desempenham nitidamente uma função semântica adverbial. Em Minas, por exemplo, ninguém acha que ‘bonito’ seja um estilo, um ritmo, uma balada ou o título de um novo samba. A função semântica desta palavra – que pode ser definida como ‘aquilo que o termo significa dentro da frase’ – é a de uma palavra que modifica o verbo ‘dançar’.

Curiosamente, ‘legal’ e ‘bonito’, quando desempenham função adjetiva, como na frase “Sidney Magal é um cara ‘bonito’ e ‘legal’”, têm valor positivo, mas nas frases (1) e (2), como advérbios, reforçam o valor semântico negativo dos verbos.

Afinal, ‘bonito’ e ‘legal’ são advérbios ou são adjetivos?

A situação dos advérbios e das vacinas é semelhante. Não se sabe como funcionam, porque funcionam e, a rigor, não se têm boas definições para os dois. No entanto, as vacinas funcionam e funcionam porque o sistema imune as aceita e reage de acordo com o esperado. Da mesma forma, as pessoas usam os advérbios porque o sistema da língua os aceita e resulta em significados que foram esperados pelo falante e compreendidos pelo ouvinte.

No domínio da lingüística, a ausência de explicação não concerne apenas às funções adverbiais e adjetivas: sujeito, verbo, substantivo, entre várias outras, são funções que carecem de definição satisfatória. Estas funções sintático-semânticas também são intuitivamente reconhecidas pelos falantes da língua em questão. Além da falta de explicações, a intuição lingüística supera as determinações arbitrárias da gramática normativa tradicional que ‘dá tudo por resolvido’ independente dos contra-exemplos, das contradições e dos inúmeros tautologismos que possui. Frases como as apresentadas acima sequer seriam consideradas pelos gramáticos tradicionais.

Isto não é português correto! – exclamariam.

Há ainda outras razões para a situação de impasse da lingüística. Uma delas é a dificuldade de delimitação das suas áreas de pesquisa. A separação dos domínios da sintaxe, da semântica e da pragmática é uma questão estruturalmente complexa. A interpretação, a morfologia, a sintaxe e a formação frasal são assuntos que se imbricam. Para o desespero dos iniciantes e constante desafio – acredito! – para os pesquisadores mais velhos.

Valores e Modernidade



Besta-Fera. Recriação do Mundo. Otávio Velho, Relume Dumará, 1995, Rio de Janeiro.

Composto por 11 artigos dispersos, produzidos pelo autor ao longo dos últimos 10 anos, sem vínculo explícito, apesar da proximidade temática entre alguns deles, o livro *Besta-Fera* traz espinhosa tarefa ao comentador, encarregado de se confrontar com uma miríade de temas e debates, quase todos remetendo a contextos temporais e espaciais muito concretos.

Ao mesmo tempo, no entanto, é possível detectar um fio condutor que atravessa todos os ensaios, indicando que foram escritos por 'um autor', que é a problemática dos valores. Desde o texto inicial, "O cativo da besta-fera", que dá nome ao livro, passando pelos temas da religião, do estatuto da antropologia e do relativismo nos tempos atuais, temos sempre

uma atenta percepção ao valor alheio e uma tentativa de auto-esclarecimento acerca do próprio.

A segunda parte do livro, digamos a partir do capítulo "De novo, os valores?", quando a discussão sobre os valores torna-se explícita, é a mais atraente. Isso porque o principal mérito do autor reside na sensibilidade para perceber falsos consensos e talento para juntar a análise penetrante de contextos concretos à erudição cosmopolita de quem acompanha o debate internacional relevante na sua área de interesse.

Especialmente interessante – e paradigmático do afirmado – é o sétimo texto, intitulado "Impedindo ou criticando a modernização". Esse ensaio, que tem afinidades mais do que eletivas com o quinto e o sexto ("De novo, os valores?" e "Novos sujeitos sociais") e, acima de tudo, com o nono e o primeiro ("Antropologia e representação" e "O cativo da besta-fera"), trata da fascinação brasileira pelo tema da modernização.

Longe de começar o tratamento do tema dando o conceito como evidente, que é a atitude dominante seja na teoria, seja na prática política, o autor problematiza a fascinação mesma. Critica-se aqui a confusão entre modernida-

de como 'substância', ou seja, como uma série de valores a serem atingidos (daí a admiração beata e acrítica a exemplos concretos de 'modernidade', como os EUA, a França ou o Japão), e modernidade enquanto 'atitude'. Neste último sentido, que o autor chama apropriadamente de 'atitude reflexiva', o que está em jogo não são modelos concretos colocados como universais, e sim a faculdade de perceber e lidar com a diferença e a alteridade.

A crítica é certa, pois evita identificar aquilo que Max Weber chamava de "significação e validade universais da cultura ocidental" (a única moderna nesse sentido estrito e, em última instância, a produção do indivíduo capaz de criticar a si mesmo e a sociedade em que vive) com versões contingentes e, portanto, necessariamente limitadas de figuras sociais, como o "protestante ascético", por exemplo.

O exemplo do protestante ascético tem extraordinária importância heurística para nós brasileiros, na medida que, para usar uma metáfora psicanalítica (recurso dileto também do autor), ele atua como espécie de 'ego-ideal' com relação ao qual somos incapazes de distanciamento e, portanto, de crítica. Quando penso em protestante ascético, penso não apenas no europeu nórdico mas, e principalmente, nos pioneiros americanos. Raça idealizada pelos nossos melhores pensadores, ela é o contraponto positivo implícito da noção

negativa de homem cordial em Sérgio Buarque por exemplo, e se aproxima da noção 'substantiva' de modernidade como modelo de eficiência capitalista e universalismo democrático, mas se afasta da 'atitude moderna' como descrita por Otávio Velho. Esses 'sectários', como nos lembra Robert Bellah, amam a homogeneidade e são pouco abertos ao heterogêneo e à alteridade.

Sem dúvida, quando o autor pensa no 'outro', refere-se antes de tudo ao nosso caponês das regiões de fronteira, por exemplo. No entanto, o mesmo argumento pode ser aplicado não só ao 'outro' que não é compreendido porque é simplificado e rejeitado, mas também ao 'outro' idealizado mas igualmente não compreendido. Creio que o autor não exagera quando afirma que uma 'refundação' das nossas ciências sociais poderia estar implicada na recusa do império da "modernidade realmente existente" como valor absoluto, ou do império do signo, como diz o autor em outro contexto. No fundo, creio que se trata da afirmação da centralidade da categoria da ambivalência cultural para as ciências sociais, ou seja, da recusa de qualquer hipostaseamento concretista de valores tornados absolutos. Fato que, por sua vez, nada tem a ver com o elogio de um relativismo que perde qualquer possibilidade de contato com universalidades possíveis.

O texto sobre Nietzsche e Weber é outro belo ensaio. O

primeiro ponto que destacável é que Otávio Velho mais separa cuidadosamente do que aproxima os dois autores. Nada mais irritante para qualquer leitor atento de Weber que se defrontar com um desses textos em que a sombra de Nietzsche em Weber passa a ser tanta que pouco sobra da enorme originalidade desse último. Concordo também com o ponto escolhido pelo autor para estabelecer a fonte das diferenças: Weber, porque é sociólogo, privilegia o comportamento 'reativo', ou seja, os indivíduos têm que levar os sentidos alheios em consideração para orientar a própria conduta. Isso leva a que, na sua metodologia, Weber subordine a ação social à

relação social e possa construir uma sociologia que é, ao mesmo tempo, individualista.

Não me parece existir a temática da radical produção individual de valores em Weber, grande tema dos 'aproximadores'. Isso não é verdade sequer para o tema do carisma, o qual é muito mais uma expressão de anseios e desejos sociais que criação *ex nihilo*. Indo um pouco além do mero comentário do texto, penso que, se Freud diz (em *Mal-estar na civilização*) que o super-homem nietzscheano é uma figura pré-histórica e não do futuro, Weber diria deste que é uma entidade pré-social e não pós-social.

Essa circunstância leva a que a noção de personalidade

da época em Weber, o ético por responsabilidade, como nos exemplos do político e do cientista, seja muito mais tributária de um Goethe do que de Nietzsche. Quando o cientista por vocação escolhe 'servir' o valor verdade, ele está escolhendo conscientemente um valor social que o transcende, e que o limita e determina enquanto indivíduo. Isso é precisamente a renúncia goetheana à universalidade fáustica perdida e o aprendizado de encarar as "tarefas do dia" (*Forderungen des Tages*).

Muito interessante, também, é que o autor, citando Ernesto Sábató (o qual parece ter idéias muito semelhantes às do excelente filósofo me-

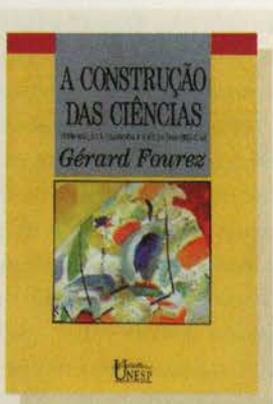
xicano Leopoldo Zea), afirma nossa habilidade 'periférica' da preservação social de ambigüidades tão caras a Nietzsche. Algo que parece ter se mantido na cabeça do autor nos 10 anos que separam a publicação desse texto. Inteligente ainda é a crítica ao "monismo do poder" em Foucault. Alguém já se deu conta de quanto esse viés empobreceu alguns bons livros das décadas de 70 e 80 entre nós?

Enfim, *Besta-Fera* é livro atual, corajoso, que se atreve a pensar por si mesmo. Existe maior elogio possível?

Jessé Souza

*Departamento
de Sociologia, UnB.*

Lógica, verdade e ética



A construção das ciências. Introdução à filosofia e à ética das ciências. Gérard Fourez. Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995, São Paulo.

Gérard Fourez não julga que as ciências devam ou possam fundamentar qualquer ética, ainda que, segundo ele, sem as análises científicas lancemo-nos "no puro desconhecido". Seria necessária, então, uma obra que conclua pelo que já se sabe? Sim, caso compreendamos que o autor se dispôs a apresentar um apanhado dos grandes debates sobre as ciências e as questões éticas contemporâneas nas quais cientistas, e não-cientistas, estão envolvidos de alguma maneira. Não,

caso entendamos que os problemas éticos e seus fundamentos não podem ser encontrados nas ciências e, muito menos, em uma dada visão do processo de produção do conhecimento científico

Fourez, apoiando-se em David Bloor, sustenta que "a própria lógica dependeria da sociedade da qual faz parte: não se trata mais da lógica eterna, mas antes de uma espécie de resumo das regras que utilizamos para colocar em ordem o nosso meio circundante, regras que parecem, aliás, extremamente eficazes". Dessa maneira, resta responder a uma questão básica: como é possível que as regras do pensamento possam ordenar o "meio circundante"? Ou ainda, como é

possível que determinados modelos ou teorias coincidam com o real (objetividade relativa)?

A resposta de Newton C.A. Da Costa, autor de *Ensaio sobre os Fundamentos da Lógica* (1980) – aliás, similar à de F. Henriques e também à de J. Piaget – é pertinente: a lógica é um instrumento historicamente constituído e a razão não se confunde com uma dada lógica. Há várias lógicas bem formadas utilizáveis na explicitação dos objetos, da mesma maneira que o físico se utiliza da geometria adequada ao sistema em exame. Por essa via somos levados a examinar o desenvolvimento da racionalidade buscando seus princípios organizativos que são, necessaria-

mente, pragmáticos. De fato, essa posição poderia ser ratificada por Fourez uma vez que ele considera, com Toulmin, que: “O critério de verdade não seria uma adequação às coisas tal como são, *mas uma adequação com o ‘real de nossa existência’*. Como propõe Toulmin, o critério último do verdadeiro seria a maneira pela qual ele permite viver e se adaptar”. Mais ainda, “esse caráter histórico não implica que se possa construir, de maneira equivalente, qualquer verdade: sabemos que as representações teóricas não são todas bem sucedidas”.

Como, então, explicar o sucesso ou fracasso das representações teóricas?

Fourez procura fazer isso por meio de uma “dimensão que não dominamos e não conseguimos sequer descrevê-la inteiramente” que seria a “alteridade”, o indicador de algo que é diverso de nós, os humanos. Dessa maneira, assume que “de modo geral, (...) a experiência da alteridade está também em relação com a experiência religiosa, seja que a alteridade última seja fundamentalmente religiosa (Deus), seja que se considere que o discurso religioso é um discurso que projeta no transcendente a experiência humana da alteridade”.

Pode-se compreender esse processo de maneira bem menos transcendente: a adequação da teoria é, essencialmente, pragmática, ou seja, permite a ação pensada ou racional sobre o objeto. Aceitando-se isto, mergulha-se no

prosaico mundo dos homens... Mas, as ciências não são puramente *pragmática*, diz Fourez, pois parecem “obedecer a uma pulsão de superação diante da alteridade do mundo”, construindo os possíveis sem que se possa determinar de antemão qual o adequado. Nesse “jogo dos possíveis” apresentam-se as questões éticas que Fourez examina nos capítulos finais, concluindo que as ciências podem auxiliar nas decisões éticas, mas não têm condições de produzir aquelas decisões.

De fato, as ciências não têm por tarefa a busca de soluções de problemas éticos. Essa limitação não é, de maneira alguma, um defeito, mas uma das virtudes das ciências. Pois, em uma sociedade democrática não se pode erigir qualquer grupo humano como especialista em ética. É preciso, aqui, retomar as posições dos Iluministas que julgavam que o homem comum – de “bom senso” – é capaz de apresentar juízos morais de maneira a estabelecer consensos por meio do debate livre. Ao contrário, quando se procura fundamentar a eticidade nos conhecimentos produzidos pelas ciências, se está, necessariamente, elegendo um grupo de pessoas como especialistas em ética.

Fourez sustenta que a filosofia examinaria questões que ultrapassam o “como” das coisas, inquerindo sobre o “porque” e o “sentido” das mesmas, sendo que ciências ficariam restritas ao “como”. Por seu lado, a filosofia teria por

tarefa “criticar” as “interpretações habitualmente recebidas”. Essa tarefa teria por meta algum “interesse emancipatório”, uma vez que nos livraria dos “esquemas de interpretações da vida, do mundo e da sociedade”. No entanto, essas tarefas são atribuídas às ciências que nos têm livrado de inúmeras concepções incorretas, entre elas a que afirmava a inferioridade da “mulher” em relação ao “homem”, para ficar em um exemplo utilizado pelo autor. Essa maneira de conceber as tarefas da filosofia é, de fato, uma das possíveis e envolve problemas metafísicos e transcendentais para os quais não se tem respostas. Perguntar sobre o “sentido da vida” pode ser e é muito valioso para muitos mas, de fato, não se pode obter uma resposta que satisfaça a todos. Por outro lado, a respostas que Fourez adota é contraditória com a busca do “sentido da vida”, pois assume que a história é contingente, logo seu sentido não pode ser apreendido.

Fourez partilha de uma filosofia da história que sustenta que os processos históricos são, necessariamente, contingentes ou indeterminados em sua origem. Da indeterminação original emergem formas que se cristalizam ou se estabilizam: Ao se examinar as formas estabilizadas, fica-se com a impressão de que essas cristalizações estavam inscritas no processo anterior, ou seja, supõe-se que elas eram as únicas possíveis, logo necessárias, ou seja, as que dariam sentido

ao existente. Por essa via, se constituíram explicações e exposições históricas que se apóiam em um esquema linear e arbóreo: um tronco comum que se multiplica em ramos, um sucedendo o outro.

Para Fourez, “...a evolução das disciplinas científicas não corresponde a uma lógica da história pré-determinada e previsível. Deve-se mais a *uma verdadeira história* na qual o novo é possível, assim como bifurcações imprevisíveis, o todo condicionado por um conjunto de condições sociais, econômicas, culturais etc., mas não inteiramente determinado por elas. Esse modelo da evolução da ciência está ligado a um paradigma, o das estruturas dissipativas” (grifo nosso).

Esse paradigma, o da “estrutura dissipativa” proposto por Prigogine & Stengers em A Nova Aliança, apresenta-se como uma teoria geral da história que se apóia em uma descrição de sistemas físicos onde não se pode afirmar a existência de intencionalidades (sentido). Dessa maneira, ao se supor que o modelo dissipativo tem validade para as ciências do homem ou sobre o homem, se está sustentando que todos os fenômenos humanos são, em sua base, o resultado de uma equilíbrio produzida pela variedade de interesses diversos e opostos. Algo similar à “mão invisível” de Adam Smith, pois de embates moleculares e indeterminados se desenvolveriam estruturas tais que se cristalizariam em algo novo ou, pelo menos,

não inteiramente contido nas formas anteriores.

A adoção ou não do paradigma proposto por Prigogine & Stengers não pode ser justificado por apresentar alguma qualidade superior a outros. Além disso, com base na posição exposta por Fourez, não há como comparar paradigmas diferentes. Dessa maneira, a adoção seria uma questão de gosto, de interesses políticos ou éticos. Fica-se, então, em um beco sem saída: o paradigma proposto por Fourez não é o melhor nem o pior para explicar o processo de construção das ciências, é o que ele adotou; logo, não pode ser criticado, pois é uma opção entre outras. Mas isso não impede que Fourez critique as demais posições tendo por base o paradigma que ele defende.

A obra de Fourez contribui para a compreensão de uma corrente epistemológica contemporânea: a da construção social dos conhecimentos. Permite, por outro lado, explicitação das principais dificuldades dessa mesma posição: se os conhecimentos nunca ultrapassam os valores nos quais se apóiam, então não é possível afirmar sua validade sobre outros conhecimentos, isso porque, outros valores condicionariam outras ciências.

O epistemologista que adote a posição de Fourez fica, então, em um beco sem saída: sua teoria é potente para demonstrar a presença de interesses na produção de conhecimentos, mas isso não implica que a sua teoria seja

superior às demais. De fato, pode ser compreendida como uma crítica dos valores e interesses dos cientistas por serem diversos dos adotados pelo crítico. Pode-se, por outro lado, perguntar quais seriam os interesses dos autores que tomam as "estruturas dissipativas" por modelo de desenvolvimento das ciências pois, pelo paradigma defendido por Fourez, esses interesses explicariam a gênese e a estruturação dos conceitos.

Como há grande semelhança entre a metáfora da "mão invisível" de Adam Smith e a estruturação dos processos

dissipativos, se poderia supor que há alguma congruência entre ambas as posições. Nesse caso, a teoria de Prigogine & Stengers sobre o desenvolvimento das ciências teria a mesma fundamentação do liberalismo econômico. Essa avaliação da teoria pode ou não auxiliar na compreensão da mesma mas, por outro lado, pode conduzir uma crítica ideológica indeterminada: a favor ou contra por ser liberal (no sentido da economia política). Pois, se é certo que os valores norteiam qualquer atividade humana, eles não impedem que se alcan-

ce a explicitação dos objetos (objetividade relativa), como Fourez reconhece ao falar do sucesso e do fracasso de teorias científicas. Logo, é possível que o modelo das estruturas dissipativas possa ser adequado ao processo de desenvolvimento científico. Mas sua justificativa só pode ser determinada pelo sócio e pela psicogênese dos conhecimentos científicos e, nesse caso, a teoria proposta por Jean Piaget seria muito superior à de Prigogine & Stengers.

Tarso Bonilha Mazzotti

Faculdade de Educação (UFRJ)

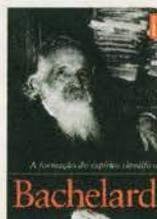
C H • R E C O M E N D A



As fundações do pensamento político moderno

Quentin Skinner
São Paulo, Companhia das Letras, 1996.

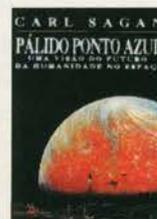
Professor em Cambridge, Skinner reconstituiu o processo pelo qual os pensamentos, dialogando entre si e com seu mundo, se constroem. Para ele, a modernidade é uma ruptura sem precedentes, com todo o passado, instaurando um formidável corte no tempo. Leitura instigante, nem sempre fácil, mas que está com lugar definitivo na agenda dos nossos dias.



A Formação do Espírito Científico

Gaston Bachelard.
Rio de Janeiro, Contraponto, 1996.

Pela primeira vez em Português, o importante livro de Bachelard (1884-1962), escrito em 1938, utiliza conceitos de alquimia, química e física dos séculos XVII e XVIII para destacar as armadilhas e dificuldades que cercam a descoberta de conceitos fundamentais, a função positiva do erro nessa gênese e o caráter geral das resistências ao conhecimento científico. A obra marca o período mais criativo do mestre francês.



Pálido ponto azul

Carl Sagan.
São Paulo, Companhia das Letras, 1996.

Carl Sagan revela neste livro – fartamente ilustrado com fotografias e representações artísticas – como as descobertas científicas alteraram nossa percepção de quem somos e do lugar que ocupamos no Universo – e nos incita a refletir sobre o uso que iremos dar a esse conhecimento. Para Sagan, um dia, o conhecimento do espaço poderá significar nossa sobrevivência como espécie.

Os PEIXES QUE (SOBRE)VIVEM EM CAVERNAS

Isolados em cavernas durante épocas mais secas e em função de outros fenômenos, algumas populações de peixes modificaram-se lentamente no novo ambiente, em geral sem luz e com recursos alimentares escassos. O processo de especialização resulta em alterações morfológicas e comportamentais, gerando novas espécies.

ELEONORA TRAJANO, do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, revela detalhes desse processo para algumas das espécies de peixes cavernícolas existentes no Brasil.

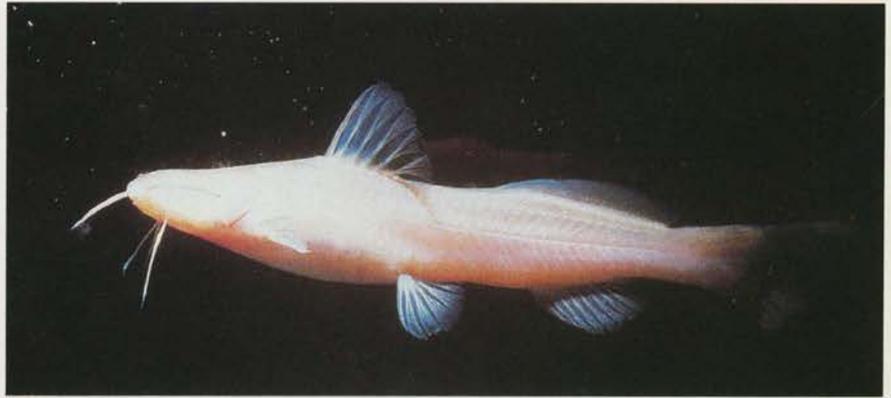


FOTO DE IVAN SAZIMA

Figura 1. O bagre cego de Iporanga, *Pimelodella kronei*, foi o primeiro peixe troglóbico encontrado no Brasil.

Cavernas são em geral ambientes pouco favoráveis à vida: a ausência permanente de luz impede a existência de plantas clorofiladas e o uso da visão, e grande parte do alimento disponível é importada da superfície, através da água ou de animais que entram no meio subterrâneo, o que em geral leva à escassez alimentar (figura 1).

Diversos organismos, no entanto, sobrevivem em tais condições, e alguns, isolados da superfície por eventos geológicos ou climáticos, podem especializar-se a tal ponto que não conseguem viver fora das cavernas. Tais organismos, chamados troglóbios ou cavernícolas obrigatórios, apresentam modificações na morfologia, na fisiologia e no comportamento, destacando-se a redução dos olhos e da pigmentação da pele. As cavernas também abrigam espécies 'normais', que não passaram pelo isolamento, divididas em troglófilas (que podem completar o ciclo de vida tanto nas cavernas quanto fora delas) e troglóxenias (que precisam sair periodicamente do ambiente subterrâneo para completar o ciclo de vida).

A maioria dos animais cavernícolas pertence a grupos que já vivem, na superfície, em situações semelhantes às observadas em cavernas: têm atividade noturna, hábitos criptobióticos (passam a maior parte do tempo ocultos) e dieta não-especializada. Entre os peixes, são cavernícolas em potencial os integrantes da ordem Siluriforme (bagres e cascudos), em sua maioria noturnos e dotados de orientação química. Peixes diurnos e de orientação visual, como os da ordem Characiforme (lambaris e outros peixes de escama), também podem tornar-se cavernícolas, mas isso exige maiores mudanças em seus hábitos.

Mesmo entre caracíformes, os troglóbios descendem de espécies com predisposição para a vida subterrânea, como os lambaris (gênero *Astyanax*) da serra El Abra (México), intensamente estudados. A espécie ancestral aparentada, *A. mexicanus*, tem atividade crepuscular, incomum em lambaris.

Diversos peixes brasileiros exibem especializações para a vida em cavernas: os bagres *Pimelodella kronei* (família

Pimelodidae), do Vale do Rio Ribeira (SP) e *Imparfinis* sp., da Chapada Diamantina (BA), ambos da família Pimelodidae; algumas espécies de bagres do gênero *Trichomycterus* (Trichomycteridae), de Minas Gerais e Goiás; o cascudo *Ancistrus cryptophthalmus* (Loricariidae) e o sarapó *Eigenmannia* sp. (Sternopygidae), de São Domingos (GO); e o cascudo *Ancistrus* sp., de Bonito (MS). Citado em publicações, *Caecorhamdella brasiliensis* é, na verdade, o mesmo *P. kronei*. O único caracíforme modificado encontrado em cavernas no Brasil é o jeju *Erythrinus* sp. (Erythrinidae), da gruta arenítica de Altamira (PA). Na espécie, há indivíduos ainda com olhos ao lado de indivíduos sem tais órgãos. São conhecidas, ainda, espécies que vivem em lençóis freáticos, como o bagre *Pbreatobius cisternarum* (Pimelodidae), da região do delta do Rio Amazonas (PA), e o lambari *Stygichthys typhlops* (Characidae), de Jaíba (MG), capturados durante a abertura de poços artesianos. Algumas cavernas abrigam também crustáceos espe-

cializados (ver 'Crustáceos troglóbios brasileiros').

OS BAGRES CEGOS DE IPORANGA

O primeiro troglóbio descrito no país foi *P. kronei*, conhecido como bagre cego de Iporanga, município onde foi descoberto pelo espeleólogo alemão Ricardo Krone, que iniciou no final do século passado o estudo das cavernas do Vale do Rio Ribeira (figura 4). Nos

anos 40, o geneticista Clodowaldo Pavan tomou como tema de sua tese de doutorado esses bagres cegos, definindo características morfológicas das duas populações então conhecidas, comparando-as com seu provável ancestral, o mandi oculado e pigmentado *P. transitoria* (espécie troglófila), e fazendo algumas observações sobre seu comportamento (figura 5). Tais peixes, 40 anos mais tarde, foram objeto de outra

tese de doutorado (da autora deste trabalho), que comparou a ecologia, o comportamento e a morfologia de *P. kronei* e *P. transitoria*.

P. kronei é um bagre de porte médio (até 20 cm), encontrado até agora em cinco cavernas do Alto Ribeira, onde convive com *P. transitoria*. As características ligadas à vida subterrânea – principalmente a pigmentação da pele – variam bastante entre os indivíduos, indicando que o isolamento da espécie em cavernas é recente, insuficiente para a extinção total dos olhos e da pigmentação. A maioria tem olhos muito reduzidos, invisíveis externamente, mas alguns apresentam olhos externos, ainda que reduzidos, e em outros os olhos são quase normais. Nota-se ainda tendência à redução do espinho da nadadeira dorsal, estrutura de defesa que teria perdido sua função em cavernas, onde não há predadores de peixes.

Modificações de comportamento, porém, são evidentes, incluindo a perda, em *P. kronei*, dos hábitos criptobióticos do ancestral. *P. transitoria* é um peixe tímido, altamente fotofóbico, que passa a maior parte do tempo em tocas, foge diante de quase todos os estímulos e vive e se alimenta predominantemente junto ao fundo, como a maioria dos pimelodídeos. Os bagres cegos, ao contrário, são pouco ou nada fotofóbicos e exploram ativamente todo o ambiente: o fundo, a coluna d'água e a superfície. Além disso, como outros troglóbios, reagem a estímulos nadando na direção destes, aparentemente interpretando-os como sinal de alimento, o que aumenta a chance de sobrevivência em ambientes com nutrientes escassos. O hábito alimentar generalizado dos bagres cegos, que comem qualquer invertebrado (insetos, crustáceos, moluscos, anelídeos e até aracnídeos), além de detritos e excrementos de morcegos, também favorece a vida nesses ambientes. Mas isso não decorre da vida em cavernas, já que *P. transitoria* tem o mesmo hábito.

CRUSTÁCEOS TROGLÓBIOS BRASILEIROS

Ao lado de peixes e salamandras (estas no Hemisfério Norte), os crustáceos são um grupo importante nas cavernas. No Brasil, há vários crustáceos troglóbios, como *Spelaeogammarus babilensis*, de cavernas da Bahia; *Hyaella caeca*, de cavernas do Alto Ribeira, e outras espécies não-descritas da ordem Amphipoda. No Vale do Ribeira, os mais comuns são os decápodes do gênero *Aegla* (tatuís de água doce), recentemente estudados (figura 2). Os pitus (camarões de água doce, também da ordem Decapoda) são troglóbios relativamente comuns em outras partes do mundo, mas no Brasil, até agora, é conhecida apenas a espécie *Macrobranchium sp.* com despigmentação ocular, descoberta em caverna de Altamira (PA).

No entanto, o mais espetacular dos crustáceos troglóbios brasileiros é *Potiicoara brasiliensis*, encontrado no município de Bonito, em Mato Grosso do Sul (figura 3). A espécie pertence à ordem Spelaeogriphacea e seu único parente vivo é *Spelaeogriphus lepidops*, de caverna da África do Sul. Acredita-se que os Spelaeogriphaceae tinham ampla distribuição na Gondwana (o supercontinente do Hemisfério Sul) há mais de 70 milhões de anos. A deriva dos continentes atuais teria separado os ancestrais de *S. lepidops* e *P. brasiliensis* e extinguido as demais espécies do grupo.

FOTO DE MARCELO NOTARE



Figura 2. O tatuí cavernícola *Aegla sp.* foi encontrado no Vale do Ribeira (SP).

FOTO DE ELEONORA TRAJANO



Figura 3. Entrada da gruta do Lago Azul em Bonito (MS), habitat do crustáceo cavernícola *Potiicoara brasiliensis*.

Figura 4. Caverna Poço Encantado, na Bahia, habitat do peixe troglóbio *Imparfinis* sp. O lago é iluminado porque o teto da caverna desabou, criando uma entrada superior.

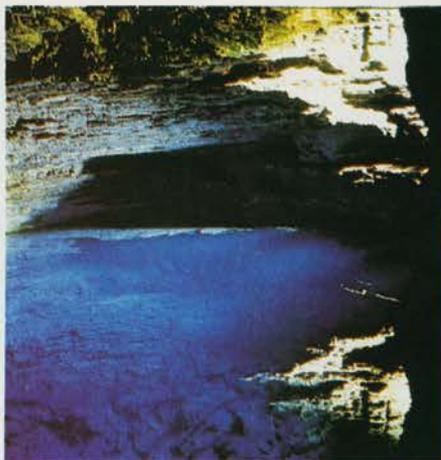


FOTO DE RICARDO M.G. CASTRO

Figura 5. O bagre oculado de Iporanga, *Pimelodella transitoria*, não-cavernícola, é parente próximo de *P. kronei*.



FOTO DE JOSÉ SABINO

Por outro lado, comportamentos que se alteraram em outros cavernícolas, como as espécies mexicanas do gênero *Astyanax* e espécies norte-americanas da família Amblyopsidae, mantiveram-se em *P. kronei*. É o caso da agressividade, reduzida em vários peixes cavernícolas, mas intensa nos bagres cegos de Iporanga, provavelmente em função da alta competição por alimento (figura 6). Esses bagres mostram dominância linear baseada primariamente no tamanho, mas a posse de território e a agressividade individual também influenciam o resultado das lutas. Estabelecida a hierarquia, o subordinado evita o dominante, mas não peixes desconhecidos, o que revela reconhecimento individual.

FOTO DE JOÃO ALLIEVI



Figura 6. Comportamento agressivo em *P. kronei*: dois bagres cegos lutam para definir a relação de dominância.

Os bagres cegos têm um complexo sistema de comunicação química: liberam substâncias na água e as percebem à distância, identificando a presença de outros indivíduos. Mas tais substâncias não informam sobre sexo e posição hierárquica: os peixes só se reconhecem individualmente quando muito próximos ou em contato. Ao que tudo indica, o reconhecimento baseia-se no olfato, e estudos mostram que poluentes como detergentes e metais pesados destroem o epitélio olfativo de peixes. Assim, a poluição – confirmada em algumas cavernas onde *P. kronei* vive – pode desorganizar o sistema social da espécie, rompendo o frágil equilíbrio em que vive, em função das constantes lutas, estressantes e de alto custo energético.

Dada a escassez alimentar e a reduzida dimensão do habitat, as populações de bagres cegos são pequenas. O crescimento é lento (menos de um milímetro por mês, nos adultos), a longevidade é alta (de 10 a 15 anos) e a reprodução é pouco freqüente, o que constitui um ciclo de vida lento. Assim, qualquer declínio populacional causado por perturbações, como coleta intensiva ou alteração na oferta de alimento (se há desmatamento em torno da caverna ou mudanças no regime hídrico), pode extinguir a espécie. Tal vulnerabilidade incluiu *P. kronei* e outros peixes troglóbios brasileiros na lista de espécies ameaçadas de extinção.

OUTROS CAVERNÍCOLAS

O mais famoso troglóbio do país vive em São Paulo, mas a mais diversificada fauna de peixes cavernícolas, incluindo troglófilos e troglófenos, está em Goiás, talvez em função do tamanho das cavernas goianas (sobretudo as do município de São Domingos, bem maiores que as do Vale do Ribeira) e do fato de os principais rios de Goiás pertencerem à bacia amazônica, de grande diversidade ictiológica.

No sistema de cavernas do Rio São Mateus, um dos maiores do Brasil, com cerca de 20 km de galerias, foram registrados três gêneros de cascudos (*Loricariidae*), dois de bagres (*Pimelodidae*) e três de ituí e sarapós (*Gymnotoidei*), além de três famílias de caracíformes e uma população do gênero *Trichomycterus*. No Vale do Ribeira, onde o maior sistema de cavernas tem cerca de sete quilômetros de galerias percorridas por rios, foi registrado o máximo de quatro espécies (a maioria pimelodídeos) por sistema.

Mais notável é a fauna de peixes do sistema de cavernas do Rio São Vicente, que inclui as espécies troglóbias *A. cryptophthalmus*, *Trichomycterus* sp. e *Eigenmannia* sp. Em uma das cavernas, os dois primeiros convivem no mesmo habitat, ao lado de exemplares (provavelmente troglófenos) de uma espécie de *Astyanax* e de *Hoplerythrinus unitae*.

FOTO DE RICARDO M.C. CASTRO



FOTO DE IVAN SAZIMA



Figura 7. O bagre cego da Chapada Diamantina, *Imparfinis* sp., é um dos peixes cavernícolas mais modificados encontrados no país.

Figura 8. O cavernícola *Trichomycterus* sp., do sistema São Vicente, nasce com olhos normais, que regredem com o tempo.

niatus. Até 1986, eram conhecidos no mundo apenas dois outros casos de coexistência de três ou mais espécies de peixes troglóbios no mesmo sistema de cavernas. No sistema São Vicente, *A. cryptophthalmus* tem população elevada (vários indivíduos por metro quadrado), talvez porque esses cascudos ingerem lodo, abundante ali (recurso não-limitante), enquanto os *Trichomycterus*, menos comuns, provavelmente comem pequenos invertebrados (recurso limitante). Não haveria, portanto, competição por alimento, o que explicaria a convivência.

Pesquisas recentes sobre peixes de cavernas da Bahia e de Mato Grosso do Sul revelaram uma fauna menos diversificada, mas que se destaca pela especialização. Uma espécie do gênero *Imparfinis* (Pimelodidae), totalmente despigmentada e cega, achada na Chapada Diamantina e ainda não descrita, é até agora o peixe troglóbio brasileiro mais modificado (figura 7), ao lado de *Ancistrus* sp., de Bonito (MS), igualmente cego e despigmentado.

A comparação de *A. cryptophthalmus* com a espécie não-cavernícola aparentada, existente nos rios da região de São Domingos, revela alterações de comportamento semelhantes às observadas em *P. kronei*, sugerindo processos convergentes de especialização. Tal como *P. transitoria*, espécies não-cavernícolas

de *Ancistrus* são altamente fotofóbicas e vivem escondidas. *A. cryptophthalmus* perdeu tais hábitos, sendo indiferente à luz e muito ativo.

Também como *P. kronei*, a espécie troglóbica de *Imparfinis*, ativa e não-fotofóbica, explora todo o volume do habitat, nadando freqüentemente na coluna d'água e na superfície (ao contrário da maioria dos pimelodídeos, que vivem no fundo). Já os cascudos (*Ancistrus*), normalmente buscam alimento junto ao fundo e às paredes. Como em *P. kronei*, a agressividade manteve-se, aparentemente inalterada, nos cascudos troglóbios: *Ancistrus* não-cavernícolas são territoriais, defendem o abrigo contra intrusos e têm dominância baseada no tamanho e no sexo (indivíduos maiores, em particular machos, escolhem tocas melhores, só admitem nas imediações cascudos jovens ou fêmeas e afastam os demais do alimento).

Já *A. cryptophthalmus*, tão agressivo quanto os não-cavernícolas, luta quase sempre junto ao alimento, sugerindo que no caso desse peixe a defesa do território foi deslocada para os recursos alimentares. Por outro lado, parece ter havido redução no comportamento agressivo de *Imparfinis* sp.

Os *Trichomycterus* troglóbios do sistema São Vicente são diferentes: passam a maior parte do tempo ocultos, em tocas ou enterrados, e aparentemente

são fotofóbicos (figura 8). Levado a um laboratório, um casal desses peixes reproduziu-se espontaneamente. Normalmente, o macho e a fêmea viviam em tocas separadas, com hábitos solitários, mas no verão de 1990 exibiram comportamento reprodutivo: nadavam juntos, em movimentos rápidos, às vezes enrolando-se, ou um deles (provavelmente o macho) perseguia o outro, tocando-o com o focinho, após o que entravam na mesma toca, onde permaneciam por muito tempo.

Em meados de fevereiro, foram observados oito filhotes, que sobreviveram por alguns meses. Os olhos e a pigmentação desses jovens revelaram algo interessante. Os adultos eram quase totalmente despigmentados e com olhos vestigiais recobertos pela pele. Os jovens, porém, nasceram pigmentados e com olhos aparentemente normais, que estavam começando a regredir na época em que morreram – atingiam, então, um terço do comprimento dos adultos. Alguns troglóbios, como os *Astyanax* mexicanos, *A. cryptophthalmus* e a salamandra européia *Proteus anguinus*, nascem com olhos normais, que regredem durante os primeiros meses de vida, mas não se sabia se o fenômeno era generalizado, hipótese reforçada pelas descobertas sobre os troglóbios *Trichomycterus* brasileiros, grupo evolutivamente distinto dos demais.

SALVANDO O PLANETA COM ALTA TECNOLOGIA AGRONÔMICA

ERNESTO PATERNIANI & JOÃO LÚCIO AZEVEDO

*Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo
e Universidade Federal de Goiás*

Há cerca de 1,5 a 2 milhões de anos surgia a espécie humana. Pouco adaptada aos ambientes adversos, correu o risco de ser extinta competindo com as demais espécies. O uso de armas, como pedras e paus, possibilitou, porém, a caça de pequenos animais. Organizada em grupos, pode caçar animais maiores. O domínio do fogo representou uma vantagem adicional. Mas só com a descoberta da agricultura, há cerca de 10.000 anos, e com a domesticação de plantas e de animais, a pequena população humana, então existente, libertou-se das incertezas na busca de alimentos e garantiu sua presença e expansão no planeta. De lá para cá, alimentar uma população quase sempre crescente só tem sido possível graças à tecnologia. Com certeza, a agricultura é hoje uma empresa de altos investimentos tecnológicos. Ignorar isso é ignorar os progressos científicos alcançados nessa área e, sem os quais, a reforma agrária se torna irreal.

Uma vez que a população humana aumenta constantemente, especialmente em países do terceiro mundo, e deverá continuar a crescer – embora se espere que o faça em taxas decrescentes – a maneira mais racional para assegurar sua alimentação, sem ocupar continuamente áreas adicionais, é o aumento da produtividade por unidade de área. Esse é um desafio que se torna ainda mais preocupante quando se sabe que, tanto no Brasil, como em diversos outros países, a população continua, em grande parte, carente de alimentos. Adicionalmente, está havendo uma diminuição constante da mão-de-obra rural, hoje na faixa de apenas 10% da população mundial e que, pelas estimativas mais conservadoras, deve cair para um vigésimo quando o planeta atingir o dobro da população atual, nos próximos 40 anos.

Tendo em vista sua área territorial, é de se esperar que o Brasil venha a ter um papel ainda mais importante como fornecedor de alimentos, o que exigirá um aumento de produtividade em níveis bem maiores que os atuais. Felizmente, maior produtividade tem sido conseguida pelo melhoramento genético de plantas e de animais, aliado ao desenvolvimento de práticas agrícolas como nutrição de plantas e de animais, controle da erosão, controle de pragas e de enfermidades, novas técnicas de irrigação etc. Foi devido a tudo isso que as sombrias previsões do Reverendo Malthus, em 1798, não se concretizaram. O aumento

da população em escala geométrica e, dos alimentos, em escala aritmética, levaria inevitavelmente a uma fome catastrófica em meados do século XIX. Mas, apesar da ciência agrônoma estar conseguindo vencer o desafio da produção de alimentos para uma população crescente e utilizando áreas limitadas, em muitas áreas do planeta a agricultura de baixa produtividade executada com tecnologia inadequada ameaça a existência da vida selvagem. Os seguintes exemplos são expressivos:

- Na África, os elefantes e gorilas estão perdendo seus *habitats* à medida que as aldeias diminuem a taxa de mortalidade e passam a ocupar áreas adicionais para a sua agricultura de baixa produtividade.
- Na Índia, o tigre de bengala está ameaçado de extinção pela expansão de produção de grãos no seu território.
- A Indonésia está derrubando suas florestas para cultivar soja de baixa produtividade para alimentar criações de aves com demanda cada vez maior.

Por volta de 2040 a população mundial deverá dobrar em relação à atual. Portanto, o grande desafio é triplicar a produtividade da terra e água utilizadas hoje na agricultura reduzindo, ao mesmo tempo, impactos ambientais negativos resultantes da produção de alimentos.

Atualmente o mundo está cultivando cerca de 1,5 milhões de km² de terra, o que corresponde aproximadamente à área da América do Sul. Esse é um ecossistema que não pode ser desprezado do ponto de vista biológico. É ele

que sustenta a população humana e não há, pelo menos no momento, condições de reverter esse quadro. Muito pelo contrário, se a explosão populacional humana prosseguir no ritmo atual e se novas tecnologias não forem implementadas para aumentar a produtividade, a porcentagem de solo agriculturável deve crescer e avançar em outras áreas que ainda conservam sua biodiversidade natural. Fica claro, então, que a melhor proteção das áreas naturais deve ser feita pelo constante aumento de produtividade em áreas agriculturáveis.

Se a produtividade de conseguida hoje fosse apenas a mesma de 1950, a superfície necessária seria de cerca de 40 milhões de km², equivalentes a todo o Hemisfério Ocidental. Quando a população do mundo chegar a 10 bilhões de pessoas, com agricultura de baixa produtividade serão necessários 77 milhões de km² cultivados, o equivalente às três Américas, Europa e quase a totalidade da Ásia. Em contrapartida, o emprego de uma agricultura de alta tecnologia tem aumentado a produtividade em 2% por ano, nos últimos 30 anos. No terceiro mundo, esse tipo de agricultura está aumentando a produção de alimentos em até 4% por ano, correspondendo, em alguns lugares, ao dobro do crescimento populacional de países em desenvolvimento. É o caso do Chile, que tem conseguido alimentar uma população que cresce 1,7% por ano, melhorar sua dieta e aumentar sua exportação de frutas e hortaliças de inverno sem qualquer aumento da área

cultivada. Por outro lado, o Equador, com sua agricultura de baixa produtividade, teve uma diminuição de sua renda *per capita* para cerca da metade da do Chile, sua população vem crescendo a uma taxa maior que 2,6% por ano e, como conseqüência, é o país latino-americano com a maior taxa de derrubada de florestas, uma vez que necessita expandir sua área agrícola em 2% ao ano. Enquanto isso, desde 1968, a Suécia

volvidos com a finalidade de aumentar a eficiência na produção agrícola. Isso envolve, obviamente, o uso de cultivares melhoradas geneticamente, juntamente com práticas agrícolas apropriadas conforme o caso, como irrigação, adubação orgânica e mineral e uso de agroquímicos para o controle de pragas e enfermidades.

Novas tecnologias advindas do uso direto ou indireto da Engenharia Genética estão disponíveis.

Entre elas, por exemplo, as que empregam técnicas de marcadores moleculares conhecidas por siglas como RFLP, PCR ou RAPD, que servem para estimar a variabilidade existente entre indivíduos, linhagens, raças, variedades e espécies. Elas, também atuam como auxiliares dos métodos de melhoramento, inclusive localizando no genoma de plantas cultivadas e animais domésticos locais ricos em caracterís-

deixou de cultivar mais de cinco milhões de hectares, que foram destinados a florestas por não mais necessitar dessa área para produzir alimentos.

Esses e outros resultados favoráveis só podem ser conseguidos com o emprego das técnicas agrônomicas apropriadas tanto clássicas como modernas. Novas tecnologias não só para estimar a biodiversidade, mas também para o aumento de produtividade e qualidade dos alimentos sem aumento da área cultivada, estão sendo constantemente desenvolvidas. Alta tecnologia na agricultura significa o emprego dos avanços científicos e tecnológicos desen-

ticativas quantitativas, os chamados QTLs, de grande importância em programas de melhoramento genético. Plantas e animais conseguidos pelo melhoramento tradicional aliado às novas tecnologias, ou por Engenharia Genética, têm uma importância no aumento de produtividade vegetal e animal. Exemplos de intervenções bem-sucedidas para conferir às espécies resistência a insetos ou herbicidas não faltam. Como o "super arroz", do Instituto Internacional de Pesquisas sobre o Arroz, com sede nas Filipinas, elevando a produção em 25%, em comparação com linhagens atualmente usadas; ou o tomate transgênico,



que possui alto teor de sólidos solúveis, produzindo por área mais "tomate" e menos água; ou o aumento da qualidade da batata, produzindo mais proteínas por peso; tomates com maturação retardada, podendo atingir o mercado com muito menos perdas pós-colheita; aumento de produtividade com diminuição do custo de insumos no cultivo de leguminosas, graças ao desenvolvimento de bactérias fixadoras de nitrogênio de alta eficiência.

Para que essas tecnologias muito promissoras possam ser desenvolvidas no Brasil e transferidas para o agricultor serão necessários, não só investimentos na área de pesquisa em Ciências Agrárias, como também um aumento na capacidade do próprio agricultor absorver e poder usar os produtos e processos derivados dessas tecnologias. No primeiro caso, surpreendentemente, em um país como o Brasil, que tem cerca de 40% de seu PIB derivado da agricultura e dos negócios da agricultura, menos de 10% dos já poucos recursos destinados à

pesquisa pelas agências financiadoras brasileiras vão para a pesquisa agropecuária e florestal. Fica claro que sem uma injeção de recursos para a pesquisa dificilmente teremos manutenção das áreas agriculturáveis atuais com aumento de produtividade. No segundo caso, cada vez mais temos uma agricultura mundial sofisticada requerendo não só plantas e animais de alta qualidade, mas também equipamentos, manejo do solo e água apropriados. Sem essa tecnologia, está cada vez mais difícil auferir lucros vindos da terra. Em países mais de-

envolvidos como os EUA e países em vias de desenvolvimento, a tendência é o desaparecimento da pequena propriedade substituída por verdadeiras empresas. Uma reforma agrária que visa o retorno de famílias ao campo, embora possa ser louvável do ponto de vista social, é irreal dentro das condições atuais do mundo moderno. É importante considerar, ainda, que a terra é um patrimônio que pertence às gerações futu-

Tudo mostra que a tendência irreversível é o aumento da população urbana e a conseqüente queda percentual da população rural. Evidentemente, embora essa tendência também venha ocorrendo há várias décadas no Brasil, ainda vai demorar algum tempo para que cada pessoa no campo tenha que produzir sustento não para ela, mas para outras 19 pessoas residindo em cidades. Entretanto, o país tem que se preparar

para isso e a solução é, desde já, investir mais em pesquisa agropecuária e cada vez mais acreditar na agricultura, dando ao homem que hoje já está no campo condições para que elevada produtividade seja alcançada com menos insumos. Atualmente, já existem agroquímicos mais seguros e menos poluentes, além das tecnologias que podem reduzir ou eliminar o uso desses produtos, empregando-se variedades geneticamente resistentes a pragas e enfermidades e o controle biológico das mesmas. Para alimentar uma população crescente e carente e,

ao mesmo tempo, preservar áreas para a vida selvagem, a solução é o uso de tecnologias adequadas para se obter cada vez maiores produtividades por unidade de área. Não é mais possível admitir o amadorismo em agricultura, pois ela deve funcionar cada vez mais como uma empresa de alta tecnologia. Ir contra essa tendência é ignorar os progressos da ciência e adotar um obscurantismo científico. Mais dramático ainda é condenar grande parte da população a uma fome perversa com a simultânea destruição da vida selvagem e degradação do ambiente.



ras das quais ela foi tomada por empréstimo. Assim, a terra não pode ser considerada uma fonte de recursos que são utilizados até o seu esgotamento. Agricultura não é mineração. Pelo contrário, modernas tecnologias, não só mantêm a fertilidade do solo, como ainda aumentam seu potencial produtivo. Infelizmente, a agricultura de baixa produtividade faz exatamente o inverso, isto é, utiliza a fertilidade do solo até o seu esgotamento, legando para as futuras gerações uma terra depauperada e improdutiva.

Chegou o

CD-ROM



que ajuda

o filho

a ser melhor

do que

o pai

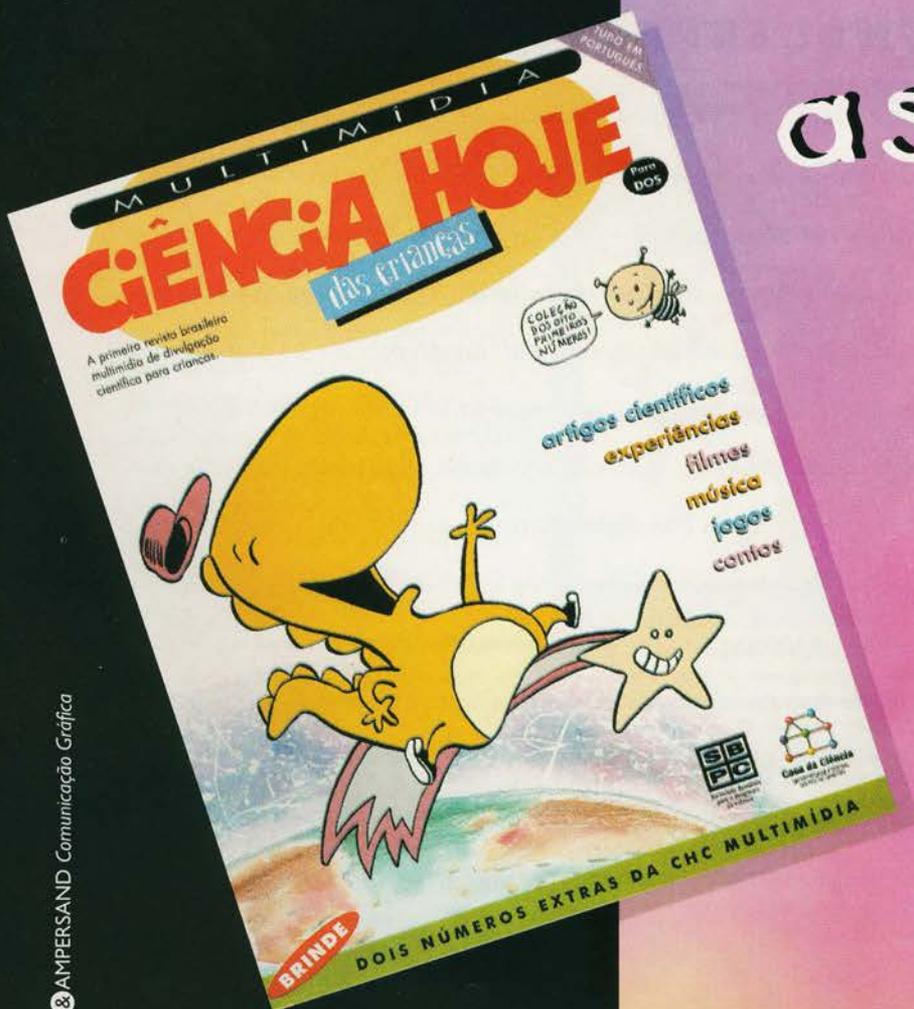
PEÇA O SEU

PELO FONE

(021) 295 4846

OU PELO FAX

(021) 541 5342





A CHAVE DO SUCESSO DA MODERNA CANÇÃO BRASILEIRA

A música popular brasileira, reconhecida e cantada em qualquer lugar do país, é também um dos mais notáveis produtos nacionais de exportação. Entre os ingredientes responsáveis por este sucesso estão elementos que sintetizam tradição e ruptura, arcaico e moderno, arte e indústria. A moderna canção urbana, com sua pluralidade sonora, rítmica e poética, surge, em certa medida, em oposição ao 'plano cívico musical' da década de 30, patrocinado pelo governo Vargas. Mas as origens de sua história, com importantes conotações sociais, estão no Rio de Janeiro do final do século XIX e início do século XX. É quando a cidade se transforma em palco do êxito de compositores e instrumentistas que mesclam o erudito com o popular e testemunha o surgimento e a dominação do samba oriundo das classes populares. No caminho da evolução, o samba empresta sua estrutura para criação de importantes inovações, enquanto no campo da sua divulgação o rádio desempenha papel fundamental e domina a indústria cultural até a década de 50. Com a força de penetração deste veículo, aliada à sensibilidade coletiva das massas, consolida-se a musicalidade brasileira sempre capaz de absorver novos gêneros nacionais e internacionais e de enfrentar futuras rupturas.

NOSSA BELA ALMA

Vale do Anhangabaú, São Paulo. Madrugada do dia 25 de janeiro de 1992. O show *São Paulo dos Mil Povos*, em homenagem ao aniversário da cidade atinge seu clímax. Caetano Veloso apresenta-se para um atento público de 100 mil pessoas, apenas ao som de um violão ao microfone. Num dado momento canta *Chega de Saudade*, canção símbolo da bossa nova. A platéia o acompanha em uníssono e dentro da afinação. No meio da música Caetano silencia e segue com os acordes no violão, fazendo a base para um gigantesco coro. Tudo acontece como se estivessem numa sala de visitas.

No final da música, visivelmente emocionado, Caetano diz com sua voz melodiosa: "Esta canção para mim é... Vocês viram que eu parei de tocar um pedaço para ficar ouvindo vocês cantarem. Esta música é uma coisa maravilhosa, das músicas mais lindas que existem e todo mundo no Brasil sabe cantar ela, como se fosse, assim... um hino da musicalidade brasileira. É uma canção que foi um marco na renovação da Música Popular Brasileira e ao mesmo tempo foi uma homenagem em termos de motivos melódicos à tradição da MPB, ou seja, aquilo que sintetiza tudo que a bossa nova queria ser e foi. É maravilhoso que todos os brasileiros saibam disso, mesmo sem pensar. Toda vez que a gente canta essa música as pessoas todas cantam. Ontem em Santo Amaro (da Purificação, Bahia), hoje... Todo mundo sabe *Chega de Saudade*. É uma canção hino da musicalidade brasileira. E a musicalidade brasileira é muito importante..."

A fala de Caetano revela um caráter intrigante da canção brasileira: uma espécie de labirinto-laboratório de sons e palavras cantadas que sintetizam tradição e ruptura, arcaico e moderno, arte e indústria. Nestes termos, refletir sobre a MPB não é nada simples. Sobretudo quando pretendemos pensá-la além de sua história 'musical', sua história social.

Reconhecendo a música brasileira como um laboratório de sons, não é possível aceitar qualquer definição que enfatize a pureza de seus elementos folclórico-populares. Se estes componentes, de origem européia ou principalmente africana, são fundamentais para a elaboração da sua linguagem, não servem para medir o grau de autenticidade da canção brasileira. Aliás, a moderna canção brasileira nasce e se consolida contra todas as normas, estéticas e sociais.

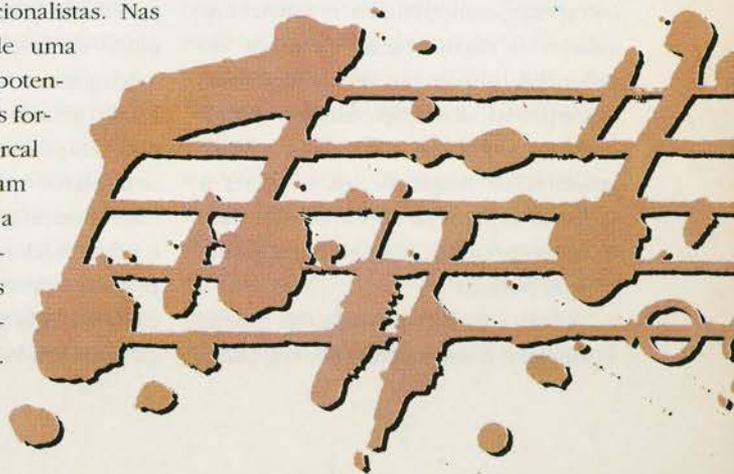
Os anos 20/30 marcam um momento de amplo debate sobre qual a 'melhor' organização social e política para o país. A partir de 1930, a reorganização autoritária do Estado nacional, sob o governo de Getúlio Vargas, coloca a possibilidade concreta de uma 'política cultural'. Intelectuais nacionalistas, que já a preconizavam desde a década de 20, vislumbram a perspectiva de implementar seus projetos, a partir de uma política estatal. No campo musical destacam-se Mario de Andrade e Villa-Lobos como os maiores defensores de uma 'pedagogia musical' que visava padronizar não só a expressão musical brasileira, mas a própria sociedade urbana emergente.

A idéia básica deste projeto era criar um 'sentimento nacional' e 'educar o povo', utilizando elementos culturais folclóricos, retrabalhados pela informação erudita. A percepção de que as massas urbanas, que se multiplicavam no período 20/30, com a industrialização crescente, poderiam significar um elemento desestabilizador da ordem social, assustava os intelectuais nacionalistas. Nas cidades, os conflitos de uma sociedade dividida eram potencializados, pois as antigas formas de dominação patriarcal já não mais se mostravam eficazes. Neste sentido a música, elaborada e estandarizada a partir dos seus elementos folclóricos-rurais, teria, segundo o prof.

José Miguel Wisnik, uma "função de orquestrador da sociedade dividida, pela força da sua difusão, e pelo fato de que, no seu campo e registro próprios, a música popular no Brasil (resultante de um trabalho coletivo secular de apropriações, seleções e sínteses criativas) não ficaria nada a dever à cultura erudita".

Dentro das premissas defendidas pelos intelectuais nacionalistas (que tiveram o mérito de resgatar as manifestações populares, negligenciadas pela cultura oficial da "belle-époque"), surge o projeto de 'canto orfeônico', um plano de educação 'cívico-musical' de massas, a ser disseminado em vários espaços sociais, principalmente nas escolas (a partir do ensino do canto-corál). A proposta era, ainda de acordo com Wisnik, "sintetizar e estabilizar uma expressão musical de base popular, como forma de conquistar uma linguagem que concilie o país na horizontalidade do território e na verticalidade das classes (levantando a cultura rústica ao âmbito universalizado da cultura burguesa, e dando à produção musical burguesa uma base social da qual ela está carente)".

Em 1932, no livro de inscrição do Orfeão dos Professores, da Universidade do Brasil, que servirá de núcleo para disseminação desta pedagogia musical, Roquette Pinto escreve: "Prometo de coração servir a arte, para que o Brasil possa, na disciplina, trabalhar cantando". No mesmo sentido, Miranda Neto, colaborador do Conservatório do Canto Orfeônico, comenta a obra de Villa-Lobos,



dizendo que ele “acredita na música popular, não no popular errado do morro, mas no popular que está palpitando em toda a grande música do mundo”.

Contrapondo-se, ainda que inconscientemente, a esta pedagogia musical-nacionalista e tendo como base social o ‘popular errado do morro’ é que se elabora e consolida uma outra expressão musical-social: a moderna canção urbana brasileira. Segundo o autor Paulo Tatit, no seu livro *A Canção. Eficácia e Encanto*, “Este novo tipo de música (...) não conservava mais a autenticidade e a brejeirice das canções folclóricas ou das modinhas regionais e nem se arvorava em modelo requintado à maneira das canções eruditas. Possuía uma natureza indisciplinada e uma vocação amalgâmica,

lidade sonora, rítmica e poética. Ao contrário do que pensavam os nacionalistas puristas (que surgiram no campo ideológico de direita, nos anos 20/30, e migraram para a esquerda, a partir da década de 50) estes aspectos não revelavam a fraqueza da cultura musical brasileira. Representavam, como se demonstrou historicamente, a amplitude expressiva de uma linguagem popular-universal, falada em português brasileiro, ancorada numa experiência social coletiva e realizada por artistas nacionais. A indústria cultural apropriou-se dessa forma de manifestação, mas não a controlou totalmente. Talvez porque a própria elaboração deste idioma musical ao longo da história se deu sob a influência do mercado, lugar social de

se com os sinais de uma gestualidade outra, investida de todos os maneios irônicos do cidadão precário, o sujeito do samba, que aspira ao reconhecimento da sua cidadania mas a paródia através do próprio deslocamento.”

Ainda sobre o mesmo tema é interessante lembrar a observação de Renato Ortiz, em seu livro *A Moderna Tradição Brasileira. Cultura Brasileira e Indústria Cultural*: “A cultura popular de massa é produto da sociedade moderna, mas a lógica da indústria cultural é também um processo de hegemonia. Com isso entendemos que a análise da problemática cultural deve levar em conta o movimento mais amplo da sociedade e ao mesmo tempo, perceber a cultura como espaço de luta e distinção social.”



isto é, uma tendência a misturar formas nacionais com formas estrangeiras e a incorporar, sem qualquer resistência as influências circunstanciais da moda, do progresso técnico, das outras modalidades artísticas, dos acontecimentos sócio-culturais, enfim, se havia uma estética amplamente desguarnecida e aberta a todos os influxos da época, sem ter muito o que preservar, esta era a incipiente canção popular”.

Assim, a melhor definição da canção brasileira é a sua indefinição, sua plura-

circulação de bens e valores, onde as classes populares encontraram, por estranho que pareça, uma expressão mais plural do que a que estava contida na ‘pedagogia musical’ patrocinada pelo Estado getulista, como bem analisa Wisnik: “Enquanto o nacionalismo musical se implanta como uma espécie de ‘república musical’ platônica assentada sobre o ethos folclórico (...) as manifestações populares recalcadas emergem com força para a vida pública povoando o espaço do mercado em vias de industrializar-

A evolução histórica do mercado, que no caso da música popular passa pelo rádio, gramofone, disco, show, videoclip e CD, se apropria, mas não totaliza, as experiências sociais mais diretas, como o sarau, a roda-de-samba ou violão, os salões de dança etc.

Evidentemente seria necessário uma grande pesquisa de ‘sociologia de ouvido’ para mapear a relação entre estes dois pólos, mas tais experiências parecem bastante significativas e escapam às grandes tendências da indústria cul-

tural. A memória musical popular é um exemplo disso: canções que não são veiculadas há décadas formam um repertório constante entre jovens e adolescentes. Artistas são impostos à mídia, porque suas músicas circulam por espaços sociais alternativos, ampliando-se fora dos padrões da indústria cultural, sem necessariamente se contrapor a ela. Exemplo disso é o movimento de música independente paulista e mais recentemente o "revival" de Jorge Benjor.

TRADIÇÃO

Voltando à história cantada, verifica-se que o labirinto-laboratório de sons populares gerador do patrimônio da can-

ção brasileira é bem anterior aos anos 20/30, quando parece ter ocorrido a criação desta linguagem musical, tendo como eixo o gênero do 'samba', que desce dos morros para se universalizar na cidade. Não podem ficar sem registro as experiências instrumentais do choro, do choro-polca, das danças e batuques afro-brasileiros, das modinhas e marchinhas cantadas. Sem falar dos ritmos e gêneros mais regionais, que ao longo do século foram se adaptando ao gênero de canção/música de mercado. Estas tentativas

já ocorriam há muito, consolidando-se ao longo do século XIX como estilos reconhecíveis. Em finais do século XIX e início do século XX, na cidade do Rio de Janeiro, consagram-se algumas formas musicais que servirão de base para a posterior produção coletiva das canções e ritmos do povo. Nomes como Chiquinha Gonzaga, Ernesto Nazareth e Catulo da Paixão, já gozavam de amplo prestígio junto a diversas camadas sociais, apontando para uma fusão de elementos eruditos e populares. João Pernambuco e Sátiro Bilhar, violonistas oriundos das classes mais simples do Rio de Janeiro, conseguiam furar o bloqueio oficial e o preconceito contra este tipo de instrumento. 'Gemer no pinho', uma expressão da época, era sinônimo de des-

fisionomia cultural do país", de acordo com Wisnik. Se o maxixe dominou o cenário musical urbano no primeiro quarto do século XX, oscilando entre a canção e a dança, o samba iria realizar essa fusão com muito mais vigor, tornando-se o eixo musical popular brasileiro durante décadas, e servindo de contraponto para a criação de outros subgêneros (samba-choro, samba-canção, samba-bolero, samba-enredo, samba-exaltação etc.), além de emprestar sua estrutura aos momentos de ruptura cultural e de criação de novas formas de expressão musical, como as inovações realizadas por Ismael Silva, Ataulfo Alves, Cartola, Dorival Caymmi e João Gilberto-Tom Jobim. Por outro lado, gêneros internacionais como o jazz, na sua ver-



ção brasileira é bem anterior aos anos 20/30, quando parece ter ocorrido a criação desta linguagem musical, tendo como eixo o gênero do 'samba', que desce dos morros para se universalizar na cidade. Não podem ficar sem registro as experiências instrumentais do choro, do choro-polca, das danças e batuques afro-brasileiros, das modinhas e marchinhas cantadas. Sem falar dos ritmos e gêneros mais regionais, que ao longo do século foram se adaptando ao gênero de canção/música de mercado. Estas tentativas

classificação social, conforme lembra Lima Barreto no seu romance *Triste Fim de Policarpo Quaresma*. Na vertente afro-brasileira, as multidões de escravos libertos, cercados nos morros cariocas, realizavam a fusão de seus cantos e danças e, a partir do lundu, do jongo e do batuque, criavam uma das mais universais expressões que a música conheceu: o samba.

O samba catalizou a "emergência urbana e moderna da música negra carioca em seu primeiro surto, que mudou a

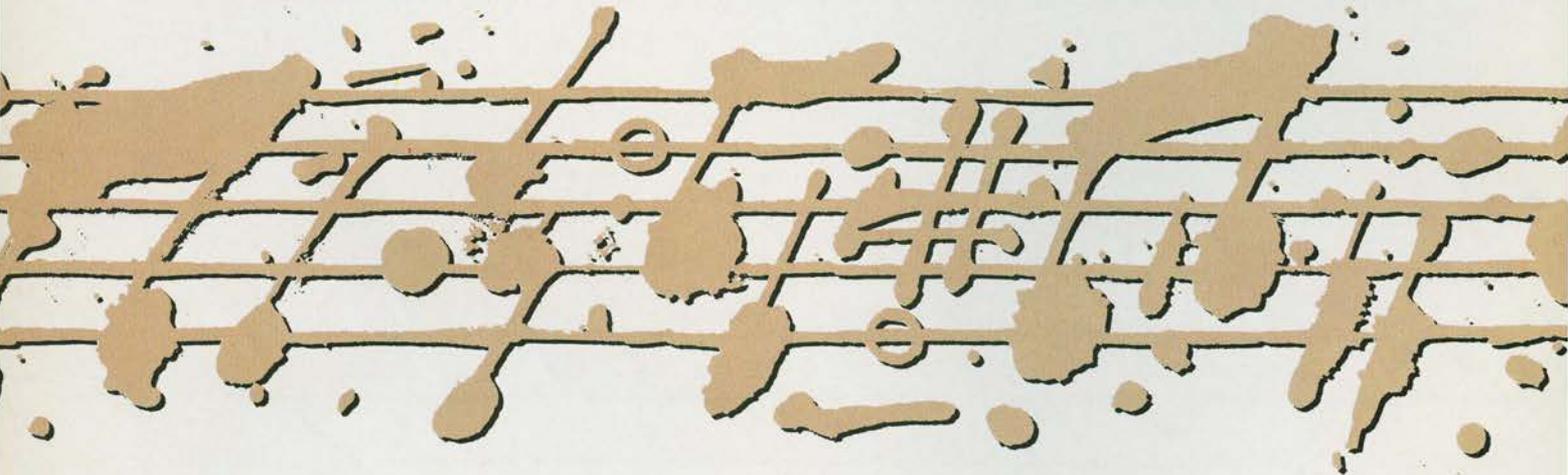
tente mais pop, o bolero e o tango foram incorporados pela MPB, contribuindo para a elaboração da linguagem da canção urbana no Brasil.

Esta forma musical encontrou em Donga e Sinhô seus primeiros mestres conhecidos do público. *Pelo Telefone*, de 1917, de Donga, é considerado tradicionalmente o primeiro samba a assumir-se como tal. A obra surgiu em improvisações coletivas na casa da Tia Ciata, o "centro da comunidade da Bahia negra no Rio", como atesta Muniz

Sodré no livro *Samba o Dono do Corpo*. A famosa casa era freqüentada por Donga, João da Baiana, Pixinguinha, Sinhô e Heitor dos Prazeres entre outros. Os espaços sociais da residência acabaram transformados em espaços musicais. É ainda Sodré quem descreve: "Na sala de visitas realizavam-se bailes (polcas, lundus etc.); na parte dos fundos, samba de partido alto ou samba raiado; no terreiro, batucada". Resguardados da repressão policial, pois a Tia Ciata, era casada com um 'profissional liberal valorizado', os chorões, sambistas, batuqueiros, lá encontraram um terreno livre para troca de sons e ritmos. Ali os

um vocabulário expressivo e um lirismo nunca antes observado. Iniciava-se uma tradição poética de alta qualidade, que veio a ser uma das marcas da moderna canção brasileira. Em *Conversa de Botequim*, Noel Rosa rompe com a ordem métrica pré-fixada, o estribilho e o refrão; adota uma linguagem prosaica e natural, questionando a idéia de "palavra poética e não-poética; as rimas, quando usadas, acabam reforçando o sentido irônico do texto", conforme observa Afonso Romano de Sant'Anna em sua obra *Música Popular e Moderna Poesia Brasileira* (Vozes, 1980). Esse lirismo cotidiano é posteriormente desenvolvido por compositores como

ajudará a consolidar a tradição do 'samba de morro', a temática malandra e uma poética de resistência aos valores sociais dominantes. Se Noel introduzia elementos musicais-poéticos mais ligados à experiência urbana, Wilson Batista será o primeiro grande compositor do 'morro'. O debate musical entre os dois compositores revela-se acirrado e de alta qualidade. Em função desta 'briga' foram compostos *Rapaz Folgado*, *Feitiço da Vila*, *Palpite Infeliz* (Noel) e *Frankstein da Vila*, *Conversa Fiada*, *Terra de Cego* (Wilson). Em outra canção Noel Rosa já anuncia o caráter de ruptura do samba: "A gíria que o morro criou/bem cedo a cidade adotou e usou (...) tudo



elementos de tradição e ruptura se fundiam. A casa da Tia Ciata também constituía o exemplo da fecunda relação cultural Rio-Bahia, cujo elo de ligação eram as 'tias baianas', objeto de estudo de Mônica Pimenta Velloso já publicado.

Não só os elementos propriamente musicais iam sendo elaborados como gêneros reconhecíveis. A palavra cantada, a partir de Noel Rosa, compositor branco, passa por uma verdadeira revolução. Noel revitaliza os temas populares, resgatando a 'conversa de botequim' como poesia coloquial, ao mesmo tempo em que abre os versos para

Chico Buarque e Paulinho da Viola, em meados dos anos 60 e radicalizado pelo Grupo Rumo, da vanguarda paulista, na década de 70. Mesmo antes destas explosões criativas, a tradição de requinte da palavra cantada inaugurada por Noel, será trabalhada por diversas formas de lirismo: sutil em Dorival Caymmi, mais carregado em Lupicínio Rodrigues e Dolores Duran, espontâneo em Cartola e Adoniram Barbosa; pelo nacionalismo épico de Ary Barroso e pela elegância moderna de Vinícius de Moraes.

Em outra vertente, o compositor Wilson Batista é um dos grandes nomes que

aquilo que o malandro pronuncia / com voz macia é brasileiro / já passou de português" (*Não Tem Tradução*, 1933). Mas foi na canção *Feitio de Oração*, que Noel Rosa melhor expressou a tensão musical-social da nascente canção brasileira: "O samba na realidade / não vem do morro nem lá da cidade / e quem suportar uma paixão / saberá que o samba então / nasceu no coração". No dizer de Jorge Caldeira, em seu livro *Noel Rosa. De Costas para o Mar*: "Deixando de ser algo quer aprendido no colégio ou no morro o samba pôde pairar no coração da multidão. Nascia o artista moderno na música popular."

O CANCIONEIRO POPULAR NA ERA DO RÁDIO

Se é fundamental mapear as grandes inovações musicais e poéticas da canção, qualquer história social da MPB deve resgatar a contribuição do cancionero propriamente. Ou seja, aquele que canta e consagra na sensibilidade popular uma dada canção. Sobre estes nomes, ainda nos anos 30 edificou-se um 'star-system' de razoáveis proporções, apoiado na venda de discos 78 rotações e, principalmente, na audiência dos programas de radiodifusão.

A radiodifusão surge no Brasil na década de 20 (data de 1923 a primeira emissora, Rádio Sociedade). Ela não esteve imune ao debate travado pelos intelectuais nacionalistas sobre o papel do rádio na 'educação do povo'. Em 1931 o Governo Federal, apesar das pressões contrárias, autoriza a reprodução de mensagens comerciais, o que dá um enorme impulso a este veículo, que passou, então, a buscar suas melhores formas de expressão e linguagem. A Rádio Nacional, entre 1940 e 1950, catalizou boa parte da divulgação musical do Brasil. Antes disso, nos anos 30, ao lado da radiodifusão, surge uma incipiente indústria fonográfica. Cantores como Vicente Celestino, já famoso na década de 20, e Francisco Alves; cantoras como Carmem Miranda, Dalva de Oliveira, Emilinha Borba, acabarão por definir, através do rádio, o padrão de sensibilidade musical das massas urbanas, com suas vozes afinadas, marcantes e interpretações baseadas no 'dó-de-peito'. Este modelo só será definitivamente questionado nos limiares da bossa nova, quando o estilo *cool* e dissonante de Lucio Alves e Dick Farney, anunciam uma revolução na interpretação das canções. Mas vale enfatizar que esta ruptura não se deu no vazio: Mario Reis, na década de 30, já fugia dos padrões estilo 'dó-de-peito' e Orlando Silva mostrava

uma técnica vocal muito sutil, que lhe aproximava do jazz.

Ao lado do Carnaval, tanto como festa pública e popular, quanto tema para filmes de cinema, o rádio será, até meados de 1950, o grande veículo da canção brasileira, lugar privilegiado da indústria cultural e que acabará por inviabilizar qualquer 'pedagogia nacionalista' através da música. A força de sua penetração social e a sensibilidade coletiva das massas urbanas consagrarão a canção popular de mercado, em suas diversas vertentes musicais, rítmicas e poéticas. Formava-se a 'musicalidade brasileira' da qual falara Caetano. Sediamentava-se uma tradição, em parte inventada, paradoxalmente flexível, para abarcar novos gêneros emergentes (a música do sertão nordestino – baião e xaxado – entraria no mercado a partir dos anos 40 com Luiz Gonzaga) e suportar futuras rupturas.

RUPTURA

Na década de 50 o Brasil sofria mudanças estruturais profundas em sua sociedade, a partir do Governo de Juscelino Kubitschek. A música não era apenas o 'reflexo' desta modernização em direção à industrialização e ao consumo de massas, mas foi sobretudo o meio onde o debate político e cultural ocorreu de forma privilegiada, anunciando os rumos da sensibilidade coletiva do país. Tradição e ruptura passariam a fazer parte do debate político-musical do Brasil, que entraria em um de seus momentos históricos mais fecundos. Mas essa é uma outra história...

Caetano Veloso, o intérprete-historiador da MPB, em estudo publicado em 1966 na Revista da Civilização Brasileira, lembra: "(...) a música brasileira se moderniza e continua brasileira à medida que toda informação é aproveitada (e entendida) da vivência e da compreensão da realidade brasileira (...) devemos



criar uma possibilidade criativa como base de criação. Se temos uma tradição e queremos fazer algo de novo dentro dela, não só teremos que senti-la, mas conhecê-la. E é este conhecimento que vai nos dar a possibilidade de criar algo novo e coerente com ela. Só a retomada da linha evolutiva pode nos dar uma organicidade para selecionar e ter um julgamento de criação (...) Aliás, João Gilberto para mim é exatamente o momento em que isto aconteceu: a informação da modernidade musical utilizada na recriação, no dar um passo à frente da música popular brasileira deverá ser feita na medida em que João Gilberto fez (...)".

Se, a partir dos anos 60, o binômio 'tradição/ruptura' passou a ser explicitado pelos membros da comunidade musical, não quer dizer que esta tensão já não estava presente desde a gênese da moderna canção brasileira. A análise histórica desta tensão pode ajudar a mapear os caminhos inusitados que a história da cultura brasileira percorreu, ao longo do século XX.

Sugestões para leitura:

- CALDEIRA, Jorge. *Noel Rosa. De Costas para o Mar*. Col. Encanto Radical, São Paulo, Ed. Brasiliense, 1982.
- ORTIZ, Renato. *A Moderna Tradição Brasileira. Cultura Brasileira e Indústria Cultural*. Ed. Brasiliense, São Paulo, 1988.
- SODRÉ, Muniz. *Samba, o Dono do Corpo*. Rio de Janeiro, Codecri, 1979.
- TATIT, Paulo. *A Canção. Eficácia e Encanto*. Ed. Atual, SP, 1986.
- VELLOSO, Mônica Pimenta. "As Tias Baianas Tomam Conta do Pedaco. Espaço e Identidade Cultural no Rio de Janeiro". IN: *Estudos Históricos*, Rio de Janeiro, v.3, nº 6, p. 207-228, 1990.
- WISNIK, Jose Miguel et alli. *Música. O Nacional e o Popular na Cultura Brasileira*. Ed. Brasiliense, SP, 1983 (2ª ed.).

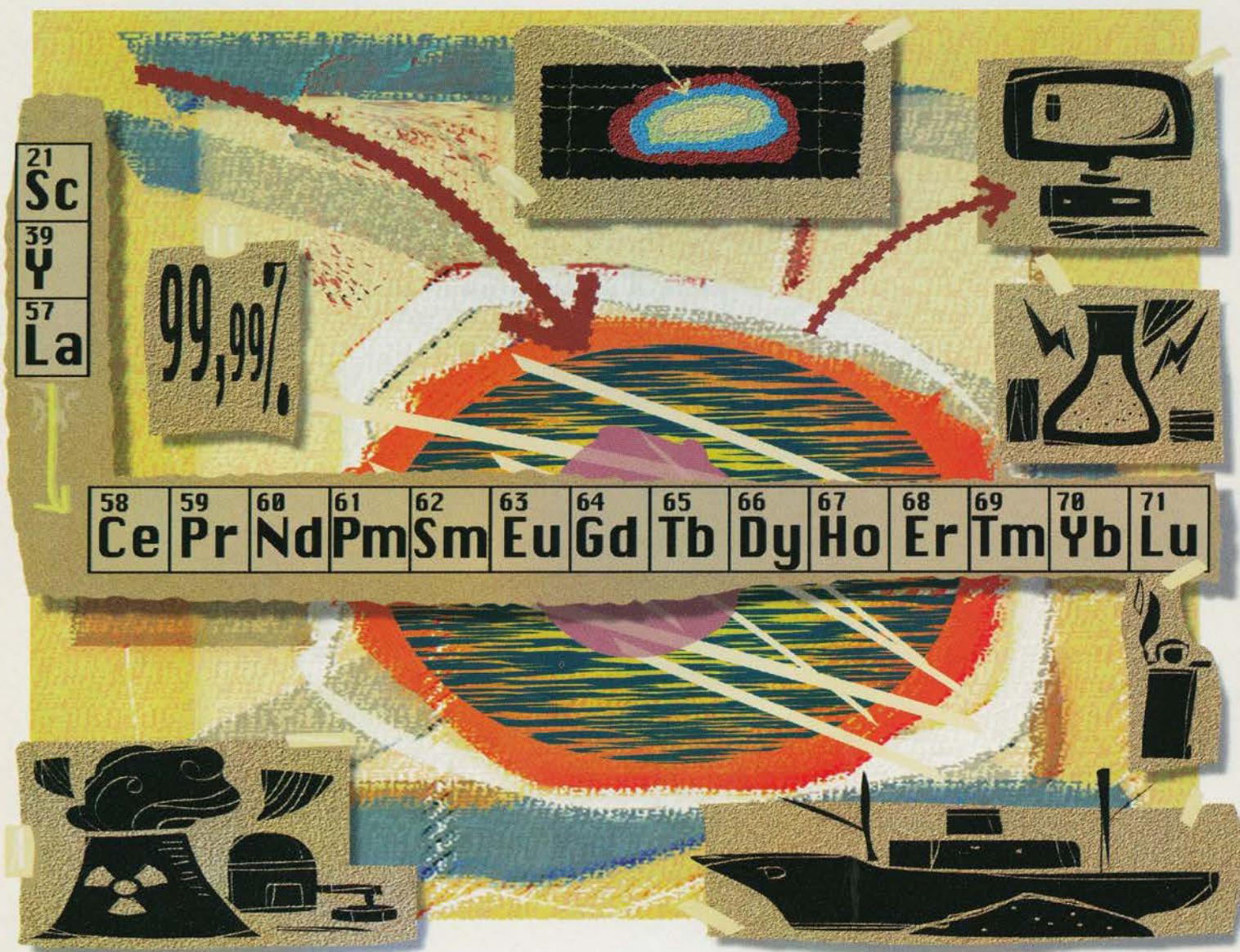
Terras Raras

DOMINANDO

A TECNOLOGIA

DE MATERIAIS

ESTRATÉGICOS



Graciela Arbillia

*Instituto de Química,
Universidade Federal do Rio de Janeiro.*

Sérgio Machado Corrêa

*Instituto de Química,
Universidade Federal do Rio de Janeiro.
Instituto de Engenharia Nuclear,
Comissão Nacional de Energia Nuclear.*

Marcelo S. Carvalho

*Instituto de Engenharia Nuclear,
Comissão Nacional de Energia Nuclear.*

OS ELEMENTOS QUÍMICOS CONHECIDOS COMO TERRAS RARAS TÊM IMPORTANTES APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA, NA MEDICINA, NA PESQUISA CIENTÍFICA E EM OUTRAS ÁREAS. SÃO USADOS, POR EXEMPLO, EM TELAS DE TELEVISORES E COMPUTADORES, EM BARRAS DE CONTROLE EM REATORES NUCLEARES, COMO 'MARCADORES' NO DIAGNÓSTICO DE TUMORES E NA CRIAÇÃO DE CERÂMICAS SUPERCONDUTORAS. POR ISSO, SÃO HOJE CONSIDERADOS MATERIAIS ESTRATÉGICOS, MAS HÁ DÉCADAS ATRAEM O INTERESSE DE DIVERSOS PAÍSES, TANTO QUE NOS ANOS 40 O PRESIDENTE GETÚLIO VARGAS PROIBIU QUE NAVIOS ESTRANGEIROS LEVASSEM, SUPOSTAMENTE COMO LASTRO, AS AREIAS MONAZÍTICAS BRASILEIRAS — UM DOS MINERAIS QUE CONTÊM AS TERRAS RARAS. NA VERDADE, ESSE 'LASTRO' ERA USADO EM DIVERSOS PAÍSES NA FABRICAÇÃO DE DIFERENTES MATERIAIS. ATUALMENTE, MUITOS PAÍSES, INCLUSIVE O BRASIL, ESTUDAM AS PROPRIEDADES DESSES ELEMENTOS E A TECNOLOGIA PARA SUA OBTENÇÃO COM ELEVADO GRAU DE PUREZA. AS PESQUISAS NACIONAIS NESSA ÁREA MOSTRAM RESULTADOS PROMISSORES, COMO NO DESENVOLVIMENTO DA TÉCNICA DE ELETROMIGRAÇÃO EM CONTRACORRENTE, QUE PERMITE SEPARAR ALGUMAS DAS TERRAS RARAS COM PUREZA SUPERIOR A 99,99%.

A EXPRESSÃO TERRAS RARAS designa um grupo de 17 elementos com propriedades químicas semelhantes: escândio, ítrio, lantânio e os 14 seguintes a este último na tabela periódica, chamados de lantanídeos. São encontrados na natureza geralmente na forma de óxidos, compostos em que estão ligados ao oxigênio. A aparência terrosa desses óxidos e suas propriedades, estudados pelos químicos já no século passado, deram origem à expressão terras raras. Essa denominação geral, porém, transmite uma falsa impressão quanto à ocorrência desses elementos na natureza, já que na verdade não são raros, se comparados a outros, representando um quarto dos metais encontrados na crosta terrestre. Com exceção do promécio, que não existe na natureza, a abundância de cada uma das terras raras é relativamente elevada (figura 1). O túlio, elemento das terras raras menos abundante na

natureza, por exemplo, está presente na crosta terrestre na proporção de 0,17 partes por milhão (ppm), superior à de elementos não considerados raros, como o mercúrio (0,08 ppm), a prata (0,07 ppm) e o selênio (0,05 ppm).

As terras raras são encontradas agrupadas em alguns minerais, o que é atribuído à semelhança de suas propriedades químicas. Os principais minerais que as contêm são a bastnaesita, a monazita e xenotima. As maiores reservas de bastnaesita situam-se na China e nos Estados Unidos, e as de monazita estão na Austrália, África do Sul, Índia, Tailândia, Malásia, Indonésia, Coreia e Brasil. As principais jazidas brasileiras são os depósitos nas praias do Espírito Santo — as chamadas areias monazíticas. Também se destacam as jazidas ígneas (xenotima) do depósito de Barreiro, em Araxá (MG), e do Morro do Ferro, em Poços de Caldas (MG).

ELEMENTO	Nº ATÔMICO	SÍMBOLO	MASSA ATÔMICA	TEOR (ppm)
LANTÂNIO	57	La	138,91	18,3
CÉRIO	58	Ce	140,12	46,1
PRASEODÍMIO	59	Pr	140,90	5,53
NEODÍMIO	60	Nd	144,24	23,9
PROMÉCIO	61	Pm	145	artificial
SAMÁRIO	62	Sm	150,35	6,47
EURÓPIO	63	Eu	151,96	1,06
GADOLÍNIO	64	Gd	157,25	6,36
TÉRBIO	65	Tb	158,92	0,91
DISPRÓSIO	66	Dy	162,50	4,47
HÓLMIO	67	Ho	164,93	1,15
ÉRPIO	68	Er	167,26	2,47
TÚLIO	69	Tm	168,93	0,20
ITÉRBIO	70	Yb	173,04	2,66
LUTÉCIO	71	Lu	174,97	0,75

Figura 1. Abundância dos lantanídeos na crosta terrestre.

OS LANTANÍDEOS

Entre as terras raras, são de grande interesse os lantanídeos (figura 2), os 14 elementos com números atômicos (número de prótons no núcleo) imediatamente seguintes ao do lantânio (número atômico 57). O escândio (de número atômico 21) e o ítrio (de número atômico 39) também são considerados terras raras por apresentarem propriedades semelhantes às do lantânio e dos lantanídeos.

Em soluções aquosas, compostos que contêm lantanídeos dissociam-se formando essencialmente íons trivalentes, com propriedades vinculadas principalmente ao tamanho desses íons. Também ocorrem íons tetravalentes e divalentes, em função da estabilidade proporcionada por configurações específicas dos elétrons (ver 'Níveis de energia'). Isso ocorre quando os orbitais $4f$ estão vazios, semipreenchidos ou completamente preenchidos, como nos casos do cério IV, európio II e itérbio II – nas configurações $4f^0$, $4f^7$ e $4f^{14}$, respectivamente. O samário também apresenta o estado divalente, na configuração $4f^6$. Estados divalentes e tetravalentes, no entanto, são mais instáveis que os trivalentes.

As configurações eletrônicas desses elementos não são conhecidas a fundo. Todos os elementos do grupo têm a mesma distribuição de elétrons encontrada no gás inerte xenônio (54), com outros três elétrons ($5d^1 6s^2$, no caso do lantânio) ou mais. Do cério ao lutécio, ocorre o preenchimento do orbital $4f$, vazio no lantânio ($4f^0$). Há uma tendência em alcançar os arranjos com sete ($4f^7$) e com 14 elétrons ($4f^{14}$) nesse orbital. A ordem de preenchimento dos orbitais, nos lantanídeos, ainda é motivo de divergências entre os cientistas. Uma das ordens de preenchimento propostas (sempre a partir da configuração do xenônio) é a seguinte:

Figura 2. Abundância (%) de óxidos de terras raras nas principais fontes minerais.

Elemento	Nível 4	Nível 5	Nível 6
La	—	D ¹	S ²
Ce	F ²	—	S ²
Pr	F ³	—	S ²
Nd	F ⁴	—	S ²
Pm	F ⁵	—	S ²
Sm	F ⁶	—	S ²
Eu	F ⁷	—	S ²
Gd	F ⁷	D ¹	S ²
Td	F ⁹	—	S ²
Dy	F ¹⁰	—	S ²
Ho	F ¹¹	—	S ²
Er	F ¹²	—	S ²
Tm	F ¹³	—	S ²
Yb	F ¹⁴	—	S ²
Lu	F ¹⁴	D ¹	S ²

Segundo essa proposta, os elétrons perdidos na formação de íons trivalentes são os dos últimos subníveis ($6s^2$ e $5d^1$, nos casos de lantânio, gadolínio e lutécio, ou os dois elétrons $6s$ e um $4f$ nos demais lantanídeos). Ela também explica que o cério forma íons tetravalentes perdendo, além dos dois elétrons de $6s$, os dois que têm em $4f$, e que o európio e o itérbio formam íons divalentes: perdem

apenas os elétrons $6s$, já que as configurações $4f^7$ e $4f^{14}$ seriam mais 'fortes', dificultando a perda.

A semelhança das propriedades físico-químicas entre os lantanídeos é proporcionada pelas camadas externas similares dos íons trivalentes. Uma propriedade curiosa dos lantanídeos é a redução do raio dos íons com o aumento do número atômico, efeito denominado contração lantanídica. À medida que aumenta o número atômico, aumenta a carga nuclear e o número de elétrons. Em função da forma dos orbitais, os elétrons f que se juntam ao átomo protegem apenas parcialmente os elétrons mais externos da carga nuclear crescente. Por isso, diz-se que a blindagem do núcleo por um elétron f é muito pequena. Assim, com o aumento do número atômico, cresce a atração efetiva do núcleo sobre os elétrons, o que reduz o tamanho do íon.

Essa contração é mais acentuada nos primeiros íons (do lantânio ao praseodímio) e há uma leve descontinuidade no gadolínio. Esse fenômeno causa uma diferença de 1% a 2% nos raios iônicos

ÓXIDO	MONAZITA	BASTNAESITA	XENOTIMA
La ₂ O ₃	22	25,7	3,2
CeO ₂	44	49,8	4,4
Pr ₆ O ₁₁	5	4,8	0,8
Nd ₂ O ₃	15	15,6	2,8
Sm ₂ O ₃	2	1,8	1,2
Eu ₂ O ₃	0,05	traços	8,1
Gd ₂ O ₃	1,0	0,9	2,8
Tb ₄ O ₇	0,002	—	0,9
Dy ₂ O ₃	0,1	—	7,6
Ho ₂ O ₃	0,03	—	1,8
Er ₂ O ₃	0,05	—	5,9
Tm ₂ O ₃	0,005	—	0,8
Yb ₂ O ₃	0,01	—	5,0
Lu ₂ O ₃	0,001	—	0,3

N Í V E I S D E E N E R G I A

Os átomos dos elementos químicos são formados por prótons, nêutrons e elétrons. Os prótons, partículas com carga elétrica positiva, localizam-se no núcleo dos átomos, junto com os nêutrons, partículas sem carga elétrica. O núcleo representa quase toda a massa do átomo. Os elétrons, aproximadamente 1.835 vezes mais leves que os prótons, encontram-se em torno do núcleo, mas seu movimento não pode ser explicado pela mecânica clássica. Elétrons não podem ter uma quantidade certa de energia, mas cada átomo apresenta alguns níveis de energia. Também não é possível determinar exatamente a posição dos elétrons, mas existe uma probabilidade de achá-los em regiões em torno do núcleo (os orbitais) que possuem uma determinada energia. A parte da física que descreve esses fenômenos chama-se mecânica quântica.

Em átomos que contêm vários elétrons, a forma em que estão ordenados, denominada configuração eletrônica, é definida pela ordem na qual os níveis e subníveis se apresentam, na escala de energia crescente, e os elétrons ocupam em primeiro lugar os níveis de menor energia. Tais níveis são indicados por numerais (1, 2, 3 etc.), os números quânticos principais, e cada nível contém subníveis, os números quânticos secundários, comumente indicados por letras (*s*, *p*, *d* e *f*). Os subníveis são formados por um ou mais orbitais (cada um deles com até dois elétrons), distinguidos através de outro número, o número quântico magnético ou orbital.

Para indicar um subnível dentro de um nível, escreve-se o número do nível seguindo da letra do subnível (como em $1s$, ou $2p$). A mecânica quântica demonstra que no nível 1 só existe uma região de energia e um orbital ($1s$), onde podem ficar até dois elétrons (se os dois estiverem no orbital, isso é indicado pela notação $1s^2$). O nível 2 tem dois subníveis, o $2s$ (com um orbital) e o $2p$ (com três orbitais, o que significa que nesse subnível 'cabem' até seis elétrons). Já o nível 3 apresenta três subníveis: $3s$ (um orbital), $3p$ (três orbitais) e $3d$ (cinco orbitais, com até 10 elétrons no total). No nível 4, além dos subníveis *s*, *p* e *d*, existe o subnível *f* (com sete orbitais e até 14 elétrons no total). O átomo de hidrogênio, com apenas um próton e um elétron, tem a configuração $1s^1$ ou simplesmente $1s$, enquanto o de hélio (dois prótons e dois elétrons) tem a configuração $1s^2$. À medida que o número atômico aumenta, os elétrons ocupam sucessivamente os níveis, subníveis e orbitais, mas essa distribuição apresenta, em alguns casos, certas particularidades. É o que acontece com as terras raras.

Em átomos neutros, o número de prótons (número atômico) coincide com o de elétrons, mas cada átomo pode, eventualmente, ganhar ou perder elétrons, tornando-se um íon (positivo se perde elétrons e negativo se ganha). Um íon é monovalente quando perde ou ganha apenas um elétron, divalente quando perde ou ganha dois e assim por diante.

dos íons lantanídeos trivalentes, de um elemento para outro, e também uma diferença na basicidade dos óxidos formados por tais elementos, que decresce à medida que o tamanho dos íons diminui. Já o ganho ou perda de energia (entalpia) da reação de hidratação desses óxidos cresce à medida que o número atômico aumenta. A comparação de várias propriedades dos lantanídeos – variação na entalpia, densidade, ponto de fusão, ponto de ebulição, raio dos íons tripositivos e raio dos átomos – mostra que tais propriedades são semelhantes, principalmente para átomos 'vizinhos' (figura 3).

Todos os lantanídeos exibem propriedades metálicas: são bons condutores de calor e eletricidade, têm brilho metálico e pontos de fusão e ebulição

elevados. Além disso, os lantanídeos transformam-se com facilidade em íons positivos e são muito reativos. Perdem o brilho se expostos ao ar e formam o óxido correspondente quando calcinados na presença de oxigênio. Os óxidos de lantanídeos reagem com água (se houver aquecimento, a velocidade dessa reação aumenta) para produzir hidróxidos, e estes precipitam em solução aquosa, por ação do hidróxido de amônia (NH_4OH), formando precipitados gelatinosos, com basicidade menor que a do hidróxido de cálcio e maior que a do hidróxido de alumínio.

Os íons lantanídeos apresentam pequena tendência à formação de complexos formados por íons simples e moléculas, em função dos raios iônicos elevados e da alta eletropositividade. Se

expostos a agentes quelantes (substâncias que fixam íons metálicos a determinadas partes de sua estrutura), os íons lantanídeos formam substâncias estáveis. Os agentes quelantes mais comuns são os derivados de ácidos hidroxicarboxílicos e aminocarboxílicos, como os ácidos α -hidroxi-isobutírico (α -HIBA), láctico, cítrico, etilenodiaminotetracético (EDTA) e outros. Esses complexantes são freqüentemente usados nos processos de separação de elementos, como troca iônica e extração líquido-líquido.

COMPLEXOS COM LANTANÍDEOS

Os lantanídeos possuem elétrons de valência (que podem ser perdidos, gerando íons) no orbital $4f$, 'protegidos'

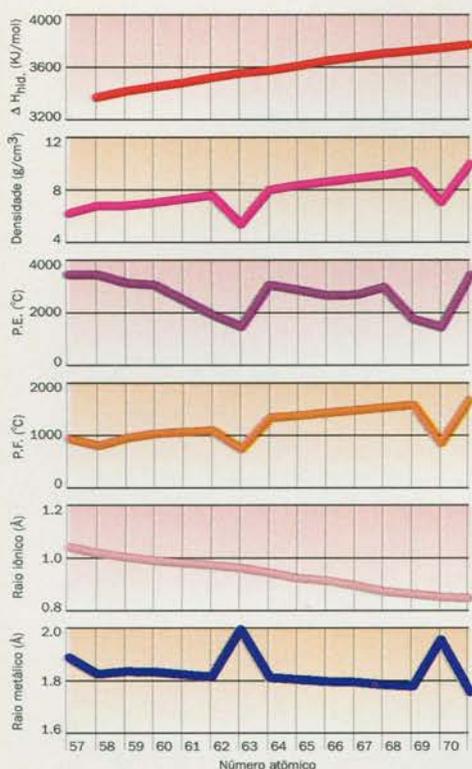


Figura 3. Variação nas propriedades físico-químicas dos lantanídeos (ΔH_{hid} , significa variação da entalpia na reação de hidratação, medida em kilojoules por mol).

por elétrons $5s$ e $5p$, que impedem a formação de orbitais híbridos (hibridização) e a conseqüente interação com complexantes. Por causa dos raios iônicos elevados e da pequena tendência a formar complexos com íons simples e moléculas, são necessários agentes quelantes muito fortes para induzir a hibridização em orbitais altamente energéticos e desocupados nos íons, como $5d$, $6s$ ou $6p$.

Entre os tipos possíveis de interação de íons lantanídeos com ligantes, os mais comuns são a associação por par de íons, as espécies químicas não-queladas isoláveis (chamadas adutos) e as espécies queladas isoláveis (quelatos). Estas últimas têm maior importância para o processo de separação de terras raras, principalmente as formadas com os ácidos poliaminos-carboxílicos e hidroxicarboxílicos.

Os complexantes mais usados em experiências de determinação de cons-

tantes de velocidade de formação e de constantes de equilíbrio da reação, ou como complexantes em técnicas de separação são os ácidos imino-diacético (conhecido pela sigla IDA), nitriloacético (NTA), etilenodiaminotetracético (EDTA), oxálico, glicólico, fumárico, maléico, fórmico, láctico, cítrico, butírico, acético e α -hidroxi-isobutírico (α -HIBA).

APLICAÇÕES

Os lantanídeos têm aplicações bastante diversificadas, em função de suas propriedades, decorrentes das configurações eletrônicas peculiares. Enquanto as configurações das camadas externas de elétrons conferem propriedades químicas bem semelhantes a todos os lantanídeos, o preenchimento gradual do orbital $4f$ modifica as propriedades físico-químicas. Com isso, tais elementos assumem uma série de estados energéticos necessários para diferentes aplicações (figura 4).

Por sua grande importância científica e tecnológica, esse grupo de elementos é considerado estratégico pelas grandes potências. Como exemplo do interesse que despertam, pode ser lembrado que durante algum tempo a areia monazítica brasileira era levada para – supostamente – servir de lastro em navios estrangeiros. Na verdade, diversos países utilizavam o minério brasileiro de diferentes formas, inclusive na fabricação de mantas iluminadoras para lâmpadas a querosene e de pedras de isqueiro, até que o presidente Getúlio Vargas proibiu, no meio do século, a exportação da monazita bruta.

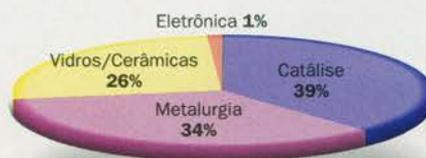


Figura 4. Consumo de terras raras, por setores industriais.

Os lantanídeos são largamente usados em catalisadores (substâncias que provocam o aumento da velocidade de uma reação química), principalmente na indústria petroquímica. Por suas características fortemente redutoras, esses elementos são usados em metalurgia para a eliminação do oxigênio e enxofre contidos no ferro-gusa, permitindo a fabricação de aço mais puro. Já as pedras de isqueiro são confeccionadas com 25% de ferro e 75% de *mischmetal* (liga com 45-50% de cério, 22-25% de lantânio, 18% de neodímio, 5% de promécio, 1% de samário e outros em menor proporção). O *mischmetal* também é empregado na produção de ligas de alta resistência a esforços, corrosão e alta temperatura (como nas mantas dos lâmpões). Os ímãs produzidos com a liga samário-cobalto substituíram os ímãs de platina-cobalto na alta tecnologia e os de neodímio-ferro-boro no uso comum.

O óxido de cério IV é o melhor polidor para vidros ópticos, para o cristal de lentes de óculos, para o quartzo e para as pedras preciosas, pela dureza do grão. Também tem a propriedade de deixar o vidro incolor. Neodímio, praseodímio e hólmio possuem bandas de absorção no espectro visível e seus óxidos são utilizados em filmes fotográficos, óculos de proteção e janelas de instrumentos ópticos. O óxido de lantânio aumenta o índice de refração do vidro e o de neodímio é o colorante mais importante na indústria desse material, por seu tom violeta. Já o óxido de praseodímio é o colorante mais utilizado na indústria cerâmica, conferindo tom amarelado.

Alguns elementos das terras raras são empregados como substâncias fosforescentes em tubos de televisores em cores, telas de computadores, intensificadores de telas de raios X e lâmpadas fluorescentes. Em aplicações de *laser* são usados essencialmente esses elementos, em função de suas estreitas linhas de

emissão de luz. O *laser* de neodímio é o mais importante em uso atualmente.

O gadolínio é empregado na confecção de barras de controle em reatores de fissão nuclear, em função de sua alta seção de choque (capacidade de absorção) para nêutrons térmicos, e na confecção de barreiras de nêutrons, em substituição ao boro, que tem o inconveniente de gerar hélio, que fragiliza tais estruturas, ao formar bolhas em seu interior. O armazenamento de hidrogênio é feito com lantânio pentaníquel (composto de lantânio e níquel que possui cinco átomos deste último em cada molécula), capaz de absorver – e libertar, quando necessário – até seis átomos de hidrogênio por mol.

O diagnóstico de tumores é uma das aplicações mais recentes das terras raras. Algumas substâncias ‘marcadas’ – ou seja, contendo átomos radioativos de elementos do grupo dos lantanídeos (principalmente gadolínio, térbio, lantânio e cério) – são injetadas no organismo e atingem áreas específicas, permitindo o uso de técnicas avançadas de exame para a identificação de tumores.

Outra importante aplicação atual desses elementos é na produção de cerâmicas que se tornam supercondutoras em temperaturas mais altas que outros materiais. Isso reduz os custos das pesquisas com supercondutores, já que tais cerâmicas podem ser resfriadas com freon, que substitui o nitrogênio líquido, mais caro. Em função dessas e de outras aplicações, os lantanídeos são disputados por vários países (figura 5).

ANÁLISES QUÍMICAS

A similaridade nas propriedades das terras raras torna a análise química desses elementos uma difícil tarefa. Para a identificação desses elementos – como grupo – pode-se usar a técnica de precipitação com oxalato ou hidróxido (que os separa de outras espécies químicas), ou análise volumétrica com um



Figura 5. Consumo de terras raras, por países.

agente complexante como o EDTA. Para determinar a quantidade desses elementos em qualquer composto, pode-se usar técnicas de raios X (absorção e fluorescência), mas se estiverem presentes em baixos teores são mais indicadas técnicas de detecção de emissões, como espectroscopia e ativação neutrônica.

Para os elementos cério e európio, que exibem diferentes estados de oxidação (+4 ou +2), pode-se utilizar métodos eletroquímicos. Entre as técnicas de identificação dos lantanídeos, uma das mais utilizadas atualmente é a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), que serve para todos os elementos e exige pequenas quantidades de amostra.

De modo geral, métodos ópticos – como absorção atômica, emissão de plasma (ICP), espectrofotometria (nas regiões do ultravioleta e do espectro visível) e até fluorescência de raios X – apresentam sérios problemas de interferência analítica. Frequentemente,

nesses casos, é preciso separar os elementos uns dos outros para melhorar a eficiência dos procedimentos de análise conhecidos. Algumas dessas técnicas permitem a identificação e a análise de todos os lantanídeos, mas outras são válidas apenas para poucos (figura 6).

SEPARAÇÃO E PURIFICAÇÃO

A obtenção de terras raras com elevada pureza (mais de 99,9%) é um desafio tecnológico, provocado, mais uma vez, pela semelhança nas propriedades químicas. Partindo-se dos principais minérios, são usados diversos métodos para separar e purificar tais elementos: cristalização fracionada, precipitação fracionada, oxidação/redução seletiva, processos térmicos, troca iônica, extração líquido-líquido e eletromigração em contracorrente.

De todos esses métodos, a troca iônica é um dos mais importantes para a obtenção, em escala comercial, de lantanídeos com pureza acima de 99,99%. O processo utiliza resinas saturadas de outros íons positivos, que, em contato com compostos que contêm íons de lantanídeos, também positivos, promovem a ‘troca’ desses íons. Em seguida, os íons de lantanídeos são retirados da resina por um agente eluente (que remove por ‘lavagem’) e complexante.

TÉCNICA	TERRAS RARAS														
	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Absorção atômica	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Absorção atômica com forno de grafite	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Espectrofotometria			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Espectrofotometria UV			•												
Espectrografia	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Polarografia							•							•	
Voltametria							•							•	
ICP (plasma)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Espectrofluorimetria						•	•	•	•				•		
Iodometria			•												
Análise por ativação neutrônica		•	•		•	•	•	•	•					•	•
Fluorescência de raios X	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Massa atômica	•	•					•	•							
HPLC	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Figura 6. Abrangência, dentro do grupo dos lantanídeos, das diferentes técnicas de análise.

FONTE: QUÍMICA E TECNOLOGIA DAS TERRAS RARAS, DE A. ABRÃO, 1994.

A extração líquido-líquido é outro método muito importante de separação. Baseia-se nas diferenças de afinidade dos elementos das terras raras em relação a outras substâncias. Quando uma solução aquosa contendo esses elementos é misturada com outra, em que um agente complexante está dissolvido em um solvente orgânico, como fosfato de tributila (TBP) ou ácido di-2-etilhexifosfórico (HDEHP), a diferença de afinidades faz com que os íons passem de uma solução para a outra, da qual são extraídos com maior facilidade. Essa técnica pode ser melhorada através de efeitos de sinergia (ação conjunta de duas ou mais substâncias), possibilidade muito estudada hoje. O método de extração líquido-líquido, que serve para separar todas as terras raras, é usado em pesquisas sobre os lantanídeos em centros científicos, como o Instituto de Engenharia Nuclear, no Rio de Janeiro.

A troca iônica e a extração líquido-líquido são os processos mais empregados pelas grandes empresas da área química, como a norte-americana Moly-corp. Inc. e a francesa Rhône-Poulenc. Atualmente, a troca iônica – usada em pequena escala – é considerada a técnica mais indicada para produzir terras raras com pureza elevada (mais de 99,99%). A extração líquido-líquido, que apresenta resultados comparáveis apenas para o ítrio, é usada comercialmente – na escala de toneladas – para obter lantanídeos com pureza até 99,9%.

A eletromigração em contracorrente (EMCC), objeto desta pesquisa, vem sendo usada para separar terras raras, em pequena escala, com resultados promissores. Os primeiros trabalhos com essa técnica foram realizados por Klaus Wagener nos anos 60. Posteriormente, vários cientistas a empregaram em pesquisas que envolviam a separação de elementos superpesados, de terras raras, de elementos encontrados no lixo radioativo e de isótopos (átomos de um mesmo elemento com diferente número

de nêutrons), entre outros.

Vários trabalhos nessa mesma linha foram desenvolvidos no Instituto de Engenharia Nuclear, permitindo demonstrar a rapidez, praticidade e eficiência do método para a obtenção das terras raras dentro de padrões de alta pureza. Tais pesquisas, porém, não apresentaram explicações detalhadas a respeito do fenômeno de separação.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

As técnicas baseadas na eletroforese desenvolveram-se muito, com diversas variações, desde que Picton e Linder introduziram esse método, em 1892. Embora não tenha sido imediatamente aceita no meio acadêmico, a eletroforese foi bastante estudada, mas sua importância só foi reconhecida depois que o químico sueco Arne Tiselius interpretou o fenômeno e demonstrou sua teoria, sua metodologia e suas aplicações, além de suas vantagens e desvantagens. Por seus trabalhos com essa técnica, principalmente na separação de compostos orgânicos, Tiselius ganhou o Prêmio Nobel de Química em 1948.

A técnica baseia-se na aplicação de uma diferença de potencial entre dois eletrodos situados em um meio qual-

quer, produzindo um campo elétrico que provoca a migração de íons ou substâncias eletricamente carregadas presentes nesse meio. Tais íons ou substâncias migram em direção ao cátodo, se tiverem carga positiva, ou em direção ao ânodo, se a carga for negativa. A velocidade de migração (mobilidade) de cada íon ou substância permite sua identificação na coluna de separação. Como meios-suporte podem ser usados sólidos (como a celulose), líquidos ou géis, estes muito empregados atualmente.

A eletroforese foi muito usada nos anos 50 e 60 para a identificação de compostos orgânicos, apesar de suas desvantagens, como a limitação a pequenas quantidades do material investigado e a alta geração de calor quando o meio-suporte empregado é um eletrólito forte, ou seja, um condutor de eletricidade. A técnica é usada quase exclusivamente como método de análise e não propriamente como método de separação. Atualmente, as técnicas eletroforéticas recebem denominações associadas ao modo como são empregadas, e muitos desses nomes ainda não são consensuais.

As principais variações da técnica são a eletroforese por zona, em que as

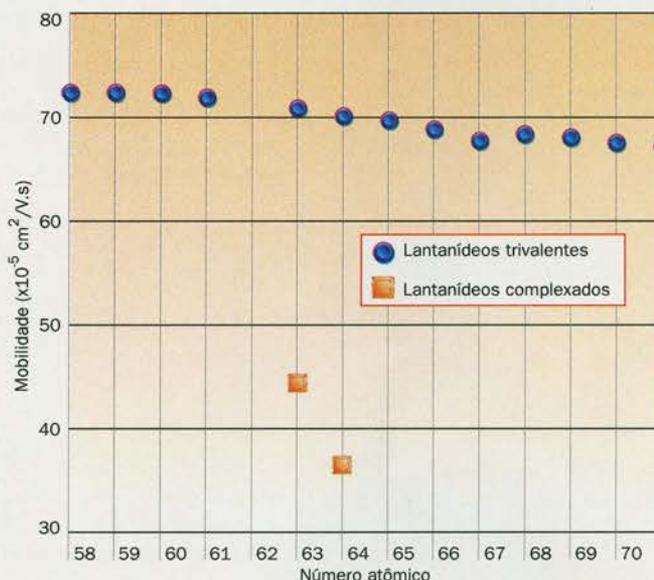


Figura 7. Mobilidades dos lantanídeos trivalentes e de samário e európio complexados (na unidade, V é volt e s é segundo).

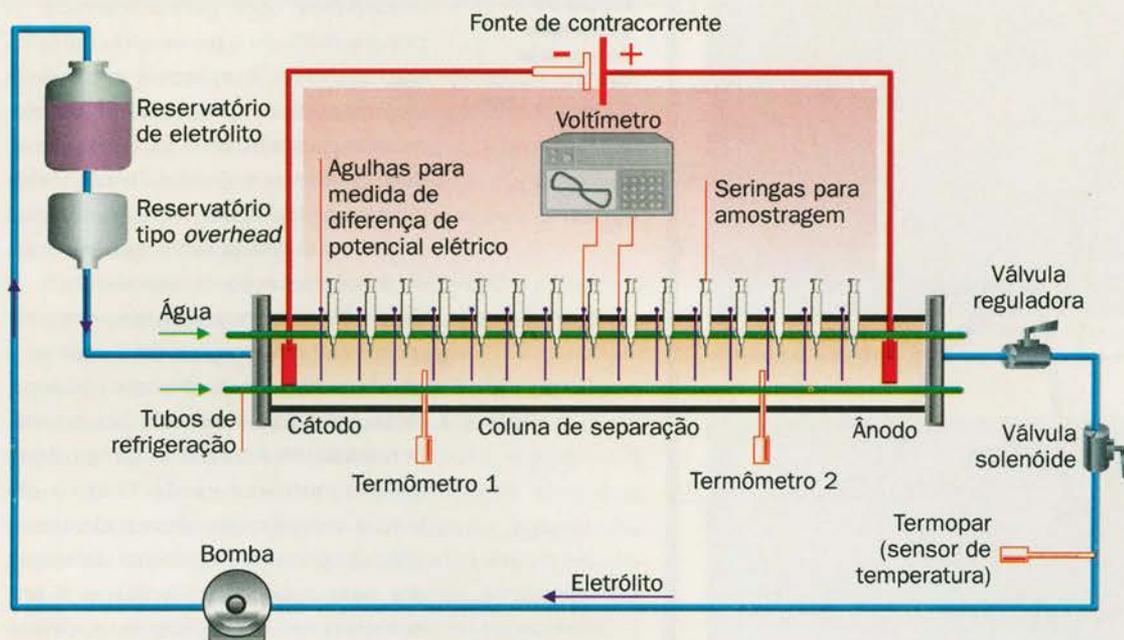


Figura 8. Esquema da coluna de separação. O reservatório mantém a vazão constante e a válvula solenóide fecha o sistema se a temperatura aumentar excessivamente.

espécies (íons ou substâncias) são separadas em zonas distintas dentro da coluna, e a eletroforese de fronteira móvel, em que as espécies são separadas em regiões adjacentes na coluna, usando-se como referência um eletrólito 'líder', que apresenta mobilidade maior que as das espécies a serem separadas. As duas formas têm como característica a alta relação entre a concentração do eletrólito suporte (que carrega a maior parte da corrente) e a concentração da amostra. Com isso, é possível manter constante o pH, a tensão, as mobilidades, a temperatura e a corrente elétrica, controlando as variáveis do processo.

Outra variação é a eletroforese capilar, que vem sendo muito difundida atualmente, por apresentar alta resolução. Já a isotacoforese utiliza um eletrólito líder e um eletrólito terminador, este com mobilidade menor que a das espécies a serem separadas, que portanto ficam localizadas entre as regiões ocupadas pelos dois eletrólitos. A eletroforese é muito usada em sistemas bioquímicos, para a separação de proteínas, aminoácidos e outros compostos orgânicos em geral que tenham agrupamen-

tos ácidos ou básicos. Tais compostos atingem, durante o processo, um ponto em que adquirem carga nula (ponto isoeletrico), e ficam estacionados na coluna de separação, o que facilita sua extração.

Na eletromigração em contracorrente, a mistura que se deseja separar é colocada em uma coluna contendo um meio-suporte eletrólito. Para acentuar a separação, é introduzido um novo fator, o arraste – ou fluxo – do eletrólito suporte. Esse fluxo, imposto contra o sentido de migração das espécies positivas, geralmente as que se quer separar, funciona como um alongamento da coluna, pois as espécies que migram em direção ao cátodo têm que competir entre si e ainda contra a força de arraste.

Ajustando-se a velocidade do fluxo do eletrólito para torná-la correspondente à média das velocidades das espécies positivas sob o campo elétrico, os íons mais velozes migram mais rápido e os mais lentos são arrastados pelo fluxo, até que se atinge um estado de equilíbrio. A técnica foi introduzida, de modo contínuo, por Brewer e Madorsky na separação dos isótopos ³⁹ e ⁴¹ do potássio.

A migração das espécies depende de vários fatores inter-relacionados, que envolvem a intensidade do campo elétrico, a forma geométrica e a carga da partícula e o tipo de eletrólito utilizado. O eletrólito suporte atua como meio de arraste em contracorrente e ainda como agente complexante. Isso é importante porque a diferença de mobilidades é maior em espécies complexadas (figura 7) do que em íons isolados, permitindo separação mais eficiente.

RESULTADOS

O desenvolvimento de nova aparelhagem para a eletromigração em contracorrente, no Instituto de Engenharia Nuclear, permitiu minimizar as dificuldades operacionais da técnica (figura 8). Durante esse trabalho também foram analisados os aspectos cinéticos e de equilíbrio do sistema e medidas algumas propriedades físico-químicas do samário e do európio, como mobilidade iônica e condutividade.

A aparelhagem utiliza uma coluna cilíndrica fechada, construída em acrílico, com 110 cm de comprimento e 7,7 cm de

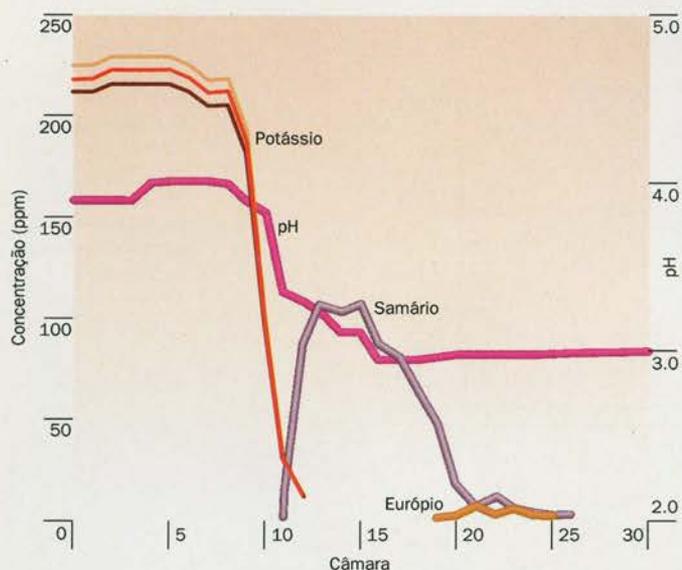


Figura 9.
Separação
do samário
(90%)
e európio (10%).

lantânídeos com pureza elevada. A pesquisa utilizou o par samário-európio, mas a técnica é aplicável a todos os elementos das terras raras. Para elementos mais afastados na tabela periódica, a diferença de mobilidade iônica certamente será maior, o que possibilitará um processo de separação mais eficiente.

A comprovação da aplicabilidade da técnica da eletromigração em contracorrente e as informações físico-químicas obtidas a respeito do processo de separação, até agora em escala laboratorial, permitirão no futuro o emprego desse método em maior escala. Como a obtenção e purificação desses elementos vêm despertando crescente interesse, por suas aplicações científicas e tecnológicas, o conhecimento e desenvolvimento dessas técnicas é de vital importância para o país.

diâmetro interno. No interior do cilindro foram dispostos 30 discos de acrílico, com abertura central de 4,6 cm de diâmetro, coberta por tela de nylon. Os discos limitam as câmaras de separação, cada uma com 100 ml de volume. Nos extremos dessa coluna foram instalados dois eletrodos de platina e entre eles foi aplicada uma diferença de potencial de 1.700 volts, resultando numa corrente de 120 miliampères, a 34°C.

O sistema foi refrigerado através de cinco tubos de vidro que conduzem água resfriada em banho termostático e atravessam toda a coluna. Como eletrólito suporte usou-se o ácido α -hidroxiisobutírico (α -HIBA) 0,01 mol/l, com uma vazão (fluxo) de 13 ml/min. O potássio foi utilizado como íon protetor, já que, por apresentar mobilidade supe-

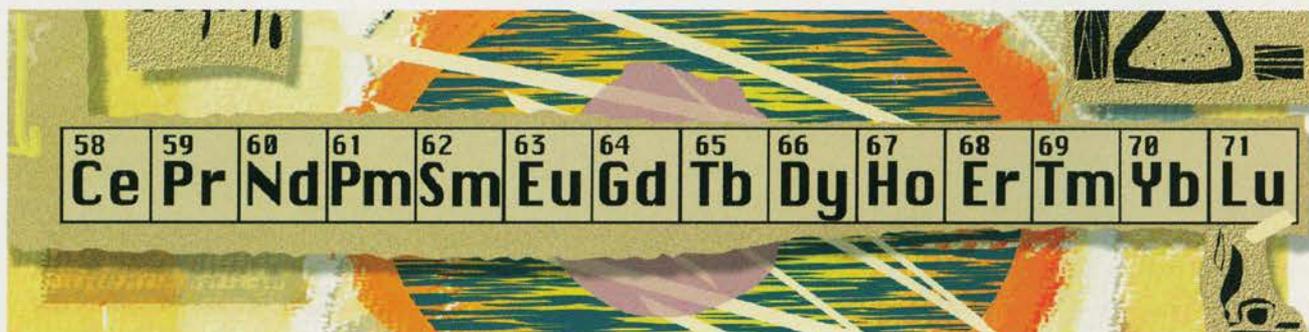
rior à dos lantânídeos, protege o cátodo, região de pH alto, contra eventual formação de hidróxidos de lantânídeos, o que atrapalharia o experimento.

A mistura a separar continha 90 mg de samário e 10 mg de európio na forma de nitrato. Após 88 horas de separação obteve-se um perfil bem definido de separação (figura 9). A análise das amostras, realizada com técnicas como espectrofotometria e polarografia, comprovou que a pureza do samário obtido nas câmaras 11 a 18 é superior a 99,9%. É possível aumentar a pureza realimentando-se a coluna de separação com a amostra obtida inicialmente.

Esses resultados são importantes, já que o método de separação por extração líquido-líquido, utilizado em escala-piloto, não permite obter alguns dos

Sugestões para leitura:

- ABRÃO, A. 'Química e tecnologia das terras raras', Cetem-CNPq, *Série Tecnologia Mineral*, nº 66, 1994.
- CORRÊA, S.M., *Estudo da separação de terras raras por eletromigração em contracorrente*, tese de mestrado, Instituto de Química, UFRJ, 1995.
- GSCHEIDNER JR., K.A.; EYRING, L.; CHOPPIN, G.R. & LANDER, G.H. 'Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths', *Elsevier Science*, vols. 17 e 18, Nova York, 1993 e 1994.
- MOELLER, T. *The Chemistry of Lanthanides*, Reinhold Publishing Corporation, Nova York, 1963
- WEISSBERGER, A. & ROSSITER, B. *Physical Methods of Chemistry*, vol. 1, Wiley Interscience, Oxford, 1981.



Já nas bancas

Atenção

ano 2 n.6 1996 R\$ 5,50

Sedução 1
Sexo aos doze anos?

Sedução 2
Os intelectuais e FHC

Sedução 3
Previdência chilena



EXCLUSIVO

O economista João Pedro Stédile, líder do MST, revela os segredos do sucesso do mais importante movimento social brasileiro

A máquina dos sem-terra

Assinaturas

Tel: (011) 532-1833

Fax: (011) 240-1301

Rua Princesa Isabel, 1.503

04601-003 – São Paulo – SP



Celso Dal Ré Carneiro

*Instituto de Geociências,
Universidade Estadual
de Campinas*

**Fernando Flávio Marques
de Almeida**

*Escola Politécnica,
Universidade de São Paulo
(professor aposentado)*

Erupção vulcânica
submarina, na região
da Islândia,
em julho de 1980.

**O sertão já
virou mar...**

(...) “É uma sugestão empolgante. Vai-se de boa sombra com um naturalista algo romântico (...), imaginando-se que por ali turbilhonaram, largo tempo, na idade terciária, as vagas e as correntes. Porque, a despeito da escassez de dados permitindo uma dessas profecias retrospectivas (...), alentam-na ainda: o estranho desnudamento da terra; os alinhamentos notáveis em que jazem os materiais fraturados, orlando, em verdadeiras curvas de nível, os flancos das serranias; as escarpas dos tabuleiros terminando em taludes a prumo, que recordam *falaises*; e até certo ponto, os restos da fauna pliocene, que fazem dos “caldeirões” enormes ossuários de mastodontes, cheios de vértebras desconjuntadas e partidas, como se ali a vida fosse, de chofre, salteada e extinta pelas energias revoltas de um cataclismo.” (...)

Euclides da Cunha, Os Sertões (capítulo 1: “Um sonho de geólogo”). (23ª ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, p. 16. 1954.)

Estamos acostumados a pensar no Oceano Atlântico como um sossegado vizinho, que banha toda a costa leste do continente e esteve sempre no mesmo lugar. No entanto, esse oceano alarga-se continuamente, desde que começou a se formar, há cerca de 130 milhões de anos, na era Mesozóica, a partir da ruptura do imenso continente Gondwana, que reunia as massas territoriais formadoras das atuais América do Sul, África, Antártida, Índia e Austrália.

No início deste século, quando o meteorologista alemão Alfred Wegener lançou a hipótese da deriva dos continentes, esta foi ridicularizada como pura ficção. As principais evidências na época eram a semelhança dos contornos do Brasil e da África e o razoável ‘encaixe’

da América do Norte e da Groenlândia com a costa da Europa. Nos anos 60, quando os cientistas começaram a estudar o ‘assoalho’ sob os mares com novos instrumentos e equipamentos, a hipótese transformou-se em fato científico. Surgiram inúmeras provas de que os continentes se deslocam (figura 1), embora mais lentamente do que Wegener supunha (ver ‘A dança dos continentes’).

A crosta submarina altera-se e move-se, da mesma forma que os continentes. Há mais de 100 milhões de anos, o vizinho a leste do Brasil não era um oceano, mas a própria África. Desde a época do descobrimento do Brasil, a distância entre os litorais africano e brasileiro aumentou cerca de 10m. Continentes movem-se e às vezes são destruí-

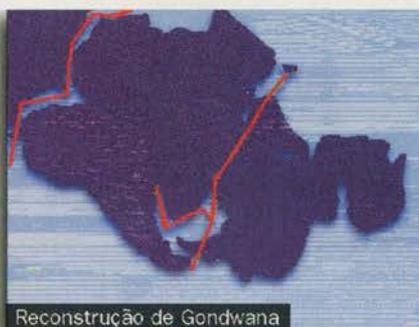


Figura 1. O deslocamento da América do Sul, a partir da massa continental Gondwana, criou o oceano Atlântico no hemisfério Sul (Ma – significa milhões de anos).

A dança dos continentes

Lançada no início dos anos 60, a Teoria da Tectônica de Placas propõe a ocorrência de poderosos movimentos horizontais entre as duas camadas mais superficiais do planeta (figura 2): a litosfera, composta pela crosta terrestre e pela parte superior do manto, até cerca de 100 km sob a superfície, e a astenosfera, situada entre 100 km e 700 km sob a superfície e de comportamento semelhante ao de um plástico mole (ver 'Deformações naturais e experimentais em rochas', em *Ciência Hoje* nº 78). Essa teoria reúne convenientemente duas outras: a da 'deriva continental' e a da expansão do fundo oceânico.

A idéia da deriva pode ser atribuída ao geólogo norte-americano Frank B. Taylor (1910) e ao meteorologista alemão Alfred Wegener (1912). O primeiro considerou a teoria da contração da Terra, em voga na época, insatisfatória para explicar as faixas montanhosas do imenso continente Eurásia e identificou semelhanças entre rochas da América do Norte e da Groenlândia. O mérito de Wegener – que provavelmente não conhecia as idéias

de Taylor – foi tentar demonstrar, através de dados paleontológicos e paleoclimáticos, as semelhanças entre África e América do Sul. O geógrafo britânico Arthur Holmes (1928 e 1931), baseando-se em estudos sobre a origem das rochas e

sobre os efeitos termais da radioatividade, foi além, propondo um mecanismo de correntes de convecção abaixo da crosta, capaz de explicar a deriva, lançando as bases do modelo que, mais tarde, seria conhecido como expansão do fundo oceânico.

A hipótese da deriva continental foi rejeitada, em 1922, pela Associação Americana de Geólogos de Petróleo, em congresso realizado para discutir o tema. Na época, forças capazes de deslocar continentes pareciam pouco plausíveis. No modelo do interior da Terra então aceito, a crosta possuía uma camada superficial (sial), presente apenas nos continentes, e outra inferior (sima), sob continentes e oceanos.

Para que a deriva ocorresse entre as duas, forças gigantescas seriam necessárias para superar o atrito. É paradoxal que fossem justamente os geólogos norte-americanos, que rejeitaram a teoria com mais empenho no final dos anos 20, os mais entusiastas adeptos dela no início dos anos 60.

Os avanços tecnológicos do pós-guerra (monitoramento à distância, busca e localização de recursos naturais e outros), aliados ao interesse de conhecer a topografia submarina (onde poderiam se esconder submarinos militares, em plena Guerra Fria), levaram a uma avalanche de informações. O modelo da estrutura interna da Terra foi reformulado, particularmente

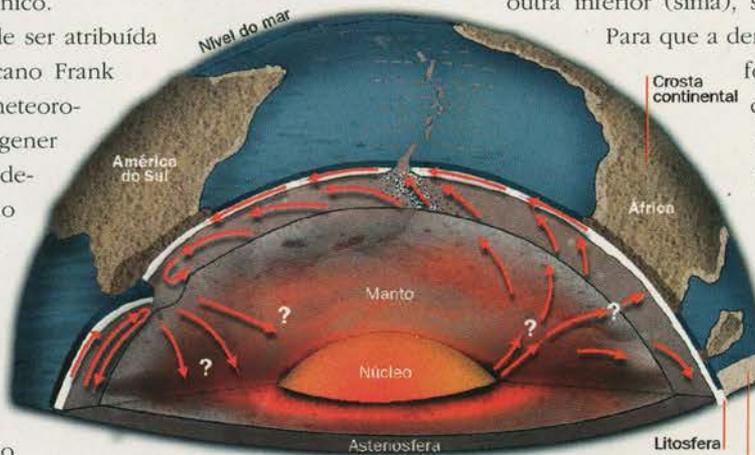


Figura 2. Modelo esquemático de crescimento da placas africana e sul-americana, a partir da extensão da crosta oceânica, sob o oceano Atlântico.

dos, tanto quanto os oceanos, que se abrem e podem desaparecer após milhões de anos – idéia que mudou radicalmente as antigas visões sobre este planeta 'planeta azul'. A distribuição das terras passou a ser entendida como resultado da atuação e do equilíbrio de forças gigantescas, e foi possível interpretar com maior precisão a evolução da vida.

O chão do oceano

A planície abissal que forma o fundo do oceano entre Brasil e África (figura 3),

entre 4.000 e 5.000 m abaixo do nível médio da água, ocupa grandes extensões e é pontilhada por altas montanhas. Algumas das montanhas formam ilhas oceânicas – como Fernando de Noronha, Trindade e Martim Vaz (no lado brasileiro), ou Cabo Verde, São Tomé e Príncipe (no lado africano) – e outras não atingem a superfície. Grandes plataformas continentais, com larguras variáveis, estendem-se após as bordas dos continentes, e uma longa cordilheira submarina divide em duas partes o Atlântico. Cordilheiras desse tipo – denomi-

nadas cadeias meso-oceânicas – existem também nos oceanos Índico e Pacífico. O assoalho da planície abissal é formado por rochas basálticas, cobertas por fina camada de sedimentos de alto valor econômico.

O território brasileiro ocupa grande parte da placa tectônica sul-americana (figura 4), que apresenta três partes principais: a cadeia dos Andes (a oeste), a crosta oceânica, entre a cadeia meso-oceânica e o continente (a leste), e a plataforma sul-americana, ampla e antiga região, formada há mais de 400 milhões

quanto ao manto superior. Os testes subterrâneos com bombas de hidrogênio deram mais precisão às informações sísmicas. Antes de tais informações, não se admitia que as esferas interiores da Terra se movimentassem, e sua subdivisão era imprecisa em relação ao que se sabe hoje (ver 'O interior da Terra', em *Ciência Hoje* nº 5).

Hoje acredita-se que a crosta sob continentes e oceanos e uma parte do manto superior formam a chamada litosfera, e que esta se move – dividida em 'placas' – sobre a astenosfera. As principais evidências são a distribuição do vulcanismo oceânico (atual e remoto), a topografia, a idade absoluta de rochas, a subdivisão do manto superior e a plasticidade diferenciada das camadas internas. Após uma grande campanha de pesquisa e divulgação, a teoria das placas foi rapidamente aceita nos Estados Unidos, Reino Unido e Japão, irradiando-se para o resto do mundo. Em 1970, a geologia passou a ser "uma ciência dos oceanos...", que deveria concentrar esforços para pesquisar "os oceanos perdidos".

Nas últimas décadas, a teoria das placas foi gradativamente aprimorada por várias frentes de investigação geológica, geofísica e geoquímica, evoluindo para a Teoria Tectônica Global, hoje um paradigma das ciências geológicas, segundo o modelo de 'hipóteses + testes + aplicação de leis = teoria científica'. Essa nova teoria admite que, na história da Terra, os processos tectônicos mudaram de intensidade, local e forma de atuação, à medida que houve superposição de eventos e ocorreram mudanças no regime de calor endógeno. Além disso, explica os fenômenos sísmicos, a formação de recursos minerais (como o petróleo) e a configuração da superfície terrestre a partir de movimentos horizontais.

de anos. As plataformas são massas rochosas que permanecem estáveis até sofrerem efeitos de colisão ou separação continental. Sua estrutura mais simples mostra duas divisões: o embasamento (formado por rochas mais antigas) e as bacias sedimentares (formadas pela deposição de lavas e de material gerado pela erosão).

As bacias sedimentares que existiram no Paleozóico brasileiro, entre 570 e 250 milhões de anos atrás, recobrem vastas áreas, como a do Paraná, a de Parnaíba e a Amazônica. Esse conjunto compre-

ende sedimentos intercalados com rochas ígneas, com espessuras da ordem de 4.000 a 5.000 m, e acumula-se sobre rochas mais antigas, metamórficas e ígneas, do embasamento. As grandes exposições dessas rochas são denominadas 'escudos' – à semelhança dos que protegiam os cavaleiros medievais.

A separação das massas continentais de Gondwana afetou toda a região costeira e alguns segmentos interiores. Imensas fraturas recortaram a plataforma sul-americana. Bacias extensas foram cobertas de lava e antigas falhas voltaram a se

mover, permitindo que outras áreas afundassem e passassem a receber sedimentos dos blocos soerguidos, por sua vez submetidos a intensa e acelerada erosão. A atividade vulcânica foi abundante e diversificada (ver 'Vulcões no Brasil', em *Ciência Hoje* nº 62).

A crosta oceânica espalha-se para os dois lados da cadeia meso-atlântica, de relevo suave, que apresenta, acompanhando seu eixo, enorme quantidade de fraturas verticais, resultantes da tectônica de extensão – derivada do movimento oposto das placas arrastadas pelos

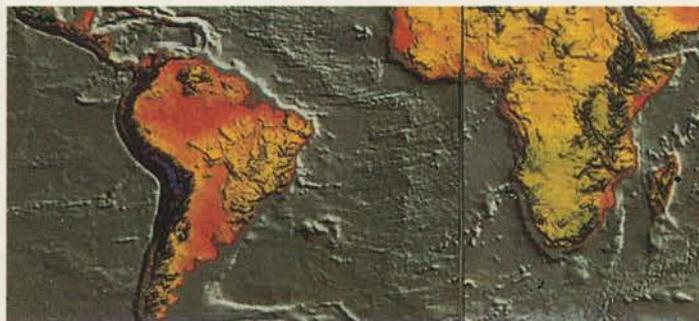


Figura 3. Topografia do assoalho sob o oceano Atlântico, entre o Brasil e a África, com a cadeia meso-atlântica.

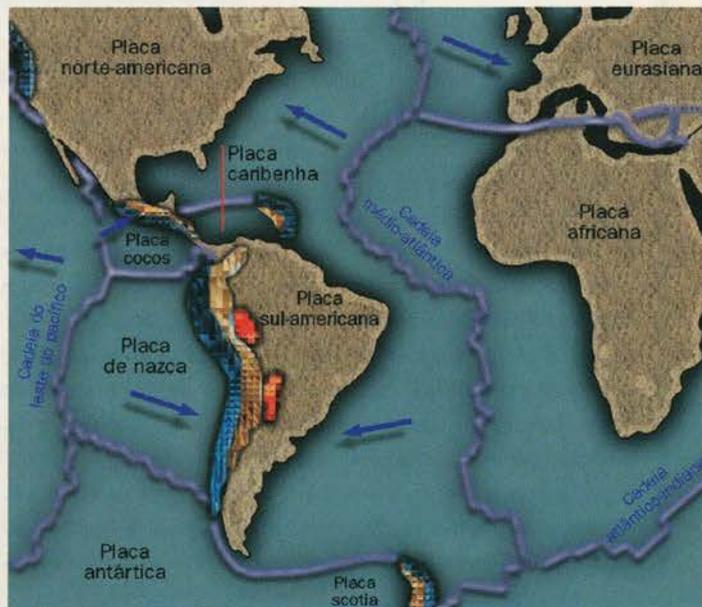


Figura 4. A placa sul-americana, situada entre a linha média do oceano Atlântico e a costa do Pacífico, inclui a plataforma sul-americana e a cordilheira dos Andes.

fluxos de magma na astenosfera. Alguns dos conjuntos dessas fraturas têm vários quilômetros de largura. Através delas, o magma proveniente da fusão parcial do manto sublitosférico expande-se, formando a crosta oceânica, parte das placas continentais. A expansão da crosta torna divergente o movimento das pla-

cas sul-americana e africana: elas se afastam e com isso o oceano Atlântico alarga-se cada vez mais (ver 'A história do Atlântico').

Vários métodos medem o deslocamento das placas tectônicas. Hoje, satélites permitem conhecer as velocidades atuais desse movimento, extremamente

lentas para os seres humanos, mas rápidas em termos geológicos. Dados obtidos por rastreamento óptico e divulgados em 1994 pela Nasa, agência espacial norte-americana, indicam que a Ilha de Páscoa, possessão chilena no oceano Pacífico, aproxima-se do continente cerca de 51 mm por ano. Já o deslocamen-

A história do Atlântico

Em meados da era Paleozóica, há cerca de 450 milhões de anos, existiam duas grandes massas continentais, Laurásia (no hemisfério Norte) e Gondwana (no hemisfério Sul), separadas por um estreito oceano, Tethys. Esse oceano sofreu o fenômeno da orogênese (formação de cadeias de montanhas), e lentamente as duas massas aproximaram-se, até colidir. O oceano encolheu e desapareceu, deixando em seu lugar zonas de colisão (ou 'bordas ativas'), onde as camadas rochosas, antes horizontais, sofreram afundamento e foram depois novamente erguidas.

A colisão das massas continentais, ainda ativa na parte superior do período Carbonífero (a partir de 320 milhões de anos atrás), provocou deformações nas camadas rochosas, gerando dobras, 'empurrões' e grandes falhas. Tais fenômenos originaram parte das raízes de complexos montanhosos, como os Alpes (Europa), e diferentes tipos de rochas. O aquecimento da litosfera, por exemplo, causa 'metamorfismo',

ou seja, transformações de rochas em estado sólido. As rochas podem ainda fundir-se, originando magmas, que penetram nas várias camadas da litosfera, formando intrusões, e se cristalizam. Além disso, o magma vindo do interior da crosta também pode chegar à superfície, criando vulcões. O movimento das massas continentais é incessante. Enquanto algumas áreas podem permanecer estáveis durante milhões de anos, outras partes da crosta começam a se afastar ou a colidir, por razões que o homem ainda desconhece.

A colisão e a aglutinação das massas continentais paleozóicas resultou no supercontinente denominado Pangea. Entre a parte superior do Permiano e a parte inferior do Jurássico (de 260 a 200 milhões de anos atrás), desenvolveu-se em Pangea um complexo sistema de riftes ou grábens, ou seja, bacias controladas por falhas que recebem sedimentos à medida que afundam, acumulando lentamente espessuras totais de centenas ou até milhares de metros. Muitos desses

riftes evoluíram até constituir margens passivas dos continentes, dentro das placas tectônicas. Nas margens passivas, as deformações seguem uma seqüência específica (figura 5) e não levam à formação de cadeias montanhosas, como nas bordas ativas.

Nos vários tipos de bordas é comum aparecer vulcanismo. As zonas de riftes podem sofrer vulcanismo a partir de fraturas profundas, quando rochas basálticas 'inundam' vastas superfícies, como as das bacias do Paraná e Parnaíba (no Brasil), ou as de Etendeka e Karroo (na África). A sedimentação ocorre ao mesmo tempo ou após a inundação de lavas e camadas continuam a se acumular durante a separação das placas.

O oceano Atlântico surgiu da extensão dos riftes iniciais entre as placas da América do Sul e da África. O Atlântico Norte abriu-se primeiro, na parte média do Jurássico (há

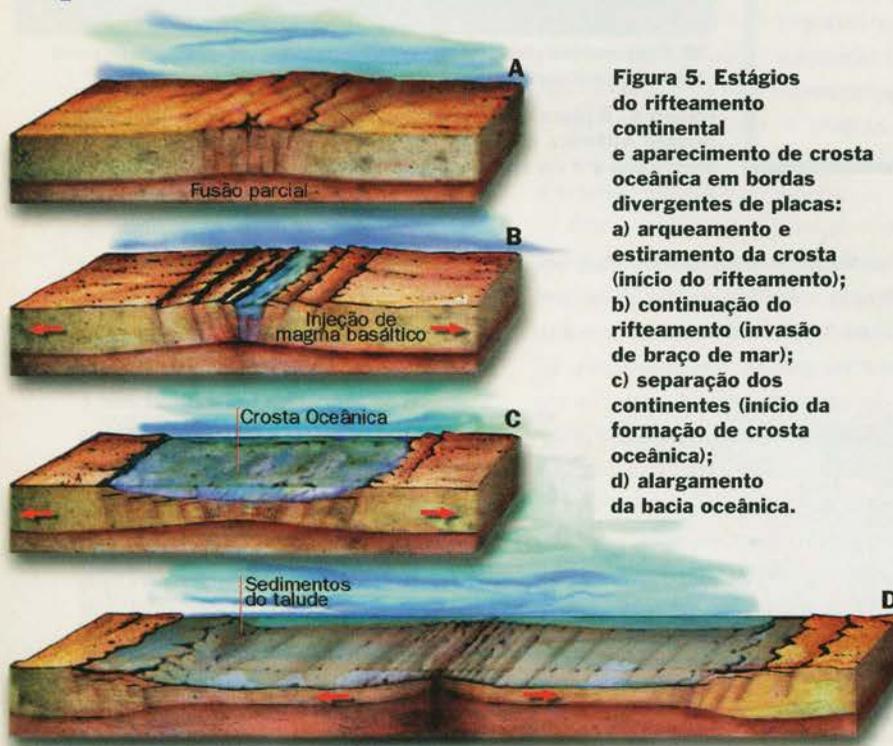


Figura 5. Estágios do rifteamento continental e aparecimento de crosta oceânica em bordas divergentes de placas:
a) arqueamento e estiramento da crosta (início do rifteamento);
b) continuação do rifteamento (invasão de braço de mar);
c) separação dos continentes (início da formação de crosta oceânica);
d) alargamento da bacia oceânica.

to da placa sul-americana para oeste varia de 29 mm a 32 mm por ano, enquanto a placa africana, em sua área oceânica, desloca-se para nordeste a cerca de um terço dessa velocidade.

A cadeia meso-atlântica ocupa posição mais ou menos central entre os dois continentes. Seu traçado é salientado

pela ocorrência de sismos (figura 7). Como a África permanece relativamente estática, essa cadeia não é fixa, como em geral dizem os livros didáticos, mas desloca-se para oeste, arrastada pelo fluxo de magma sob a litosfera, a cerca de metade da velocidade observada na placa sul-americana. O movimento é seme-

lhante à abertura de uma luneta antiga, em que uma parte se desloca enquanto a outra continua quase fixa.

Durante esse deslocamento, cada uma das placas oceânicas parte-se, formando grandes zonas de fratura, denominadas 'falhas transformantes'. Tais falhas cruzam o oceano no sentido transversal e per-

170 milhões de anos), quando se formou crosta oceânica na região do Golfo do México. Pangea deixou de existir, dando lugar, outra vez, à massa continental Gondwana (figura 6). A fragmentação de Gondwana começou mais tarde, há cerca de 130 milhões de anos, com a separação da Austrália, Nova Zelândia, Antártida, Índia e Madagascar. Tais massas continentais afastaram-se da África à medida que formava-se e crescia a crosta basáltica entre eles – processo chamado de 'espalhamento' do assoalho oceânico.

A distância entre América do Sul e África também aumentou aos poucos. O Atlântico Sul começou a se formar inicialmente ao sul de uma cadeia oceânica transversal, denominada Walvis-Rio Grande. Na mesma época, formou-se mais ao norte ampla área rebaixada, conhecida como 'depressão afro-brasileira'. A princípio, as condições de sedimentação nessa área foram continentais (ambientes fluviais e até desertos predominavam), com inundações periódicas, passando lentamente a condições lacustres – talvez de forma semelhante ao que ocorre no Pantanal de Mato Grosso.

Nessa depressão, a crosta terrestre estirou-se e tornou-se mais fina, para acomodar os imensos esforços de afastamento dos continentes. Em dado instante, tal estiramento atingiu um limite: a crosta rompeu-se e fraturas atravessaram a crosta continental, alterando as condições de deposição de sedimentos: grandes blocos de rocha foram rapidamente erguidos e passaram a sofrer erosão, produzindo sedimentos depositados em outros blocos, rebaixados. Tornou-se inevitável o avanço, intermitente, das águas dos mares nessas áreas rebaixadas, formando golfos e mares fechados. Como a Terra passava por época de aridez global, tais mares secaram, gerando depósitos de sais. Peixes e outros seres vivos presos nesses mares e em lagos isolados desapareceram. O fenômeno deve ter incluído episódios de mortandade generalizada, como na região da Chapada do Araripe, onde hoje existem incontáveis restos e fósseis de peixes, conhecidos no país e no exterior. O ambiente de sedimentação, antes lacustre, passou a ser costeiro, provavelmente parecido com o Mar Morto, na Ásia, que



Figura 6. A história mais realista do Atlântico Sul e Equatorial está baseada no deslocamento dos continentes a partir de Gondwana (Ma – significa milhões de anos).

teve no passado ligação com o mar aberto e talvez volte a tê-lo no futuro.

A formação do Atlântico Sul, portanto, não foi um processo repentino. Ao sul, a separação ocorreu a partir do início da parte inferior do Cretáceo, há 140 milhões de anos, envolvendo movimentos de simples extensão da crosta, mas somente há cerca de 113 milhões de anos, no final daquele período, começou a romper-se a derradeira ligação entre Brasil e África. Os movimentos no sentido horário ocorridos na região situada entre a atual foz do Amazonas e a área mais ou menos a norte de Fortaleza, no Ceará, acabaram por desligar completamente os dois continentes há 104 milhões de anos. A partir de então, o Atlântico só fez crescer.

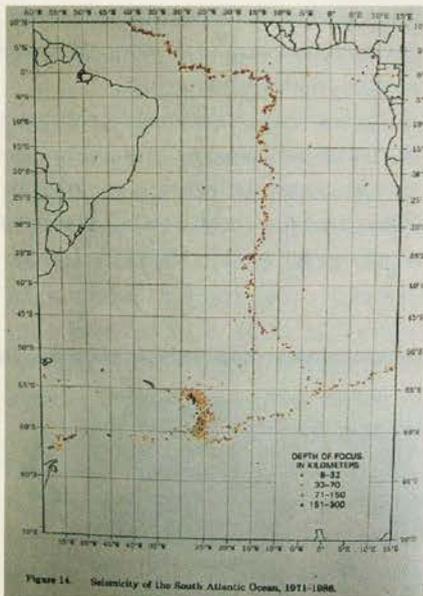


Figura 7. A intensa atividade sísmica revela o traçado da chamada cadeia mesoatlântica, entre as placas sul-americana e africana, e da cadeia Walvis-Rio Grande (ao Sul).

mitem que os blocos adjacentes movimentem-se, no mesmo sentido ou não. Tais movimentos alcançam até 100 km, como ocorre na falha de Romanche, no Atlântico Equatorial.

Ao se afastarem, em direções divergentes, os continentes sofrem rotação. A análise de dados obtidos pelo satélite Geosat-Seasat e de dados referentes a anomalias magnéticas permitem localizar a cadeia meso-oceânica e as grandes zonas de fratura nas placas africana e sul-americana (figura 8). Tais zonas e os chamados lineamentos (conjuntos de falhas) menos extensos são como 'linhas de fluxo' do assoalho oceânico: indicam que, em relação à África, a América do Sul, além do deslocamento para o oeste, também sofre rotação em sentido horário.

A crosta sob os continentes, composta de inúmeros tipos de rochas, tem uma espessura de 30 a 70 km. Sob os oceanos, a crosta é mais fina (quatro a cinco quilômetros) e formada sobretudo por rochas ígneas, como basaltos. Ao longo do tempo geológico, as águas dos mares às vezes invadiram áreas continentais,

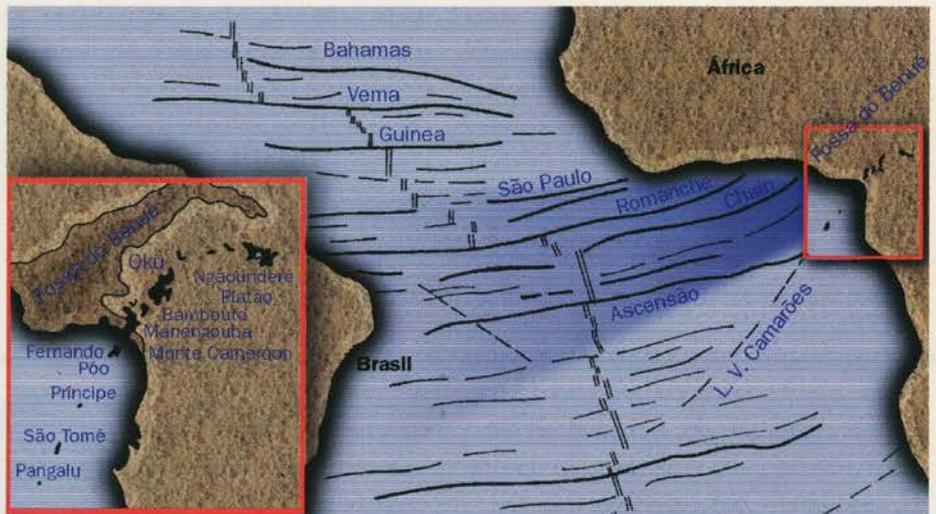


Figura 8. Mapa das linhas de fratura entre o Brasil e a África, baseado em imagens sombreadas do mapa de gravidade derivado de observações do satélite Geosat-Seasat e de anomalias magnéticas. Estão identificadas as principais zonas de fratura e o alinhamento vulcânico de Camarões.

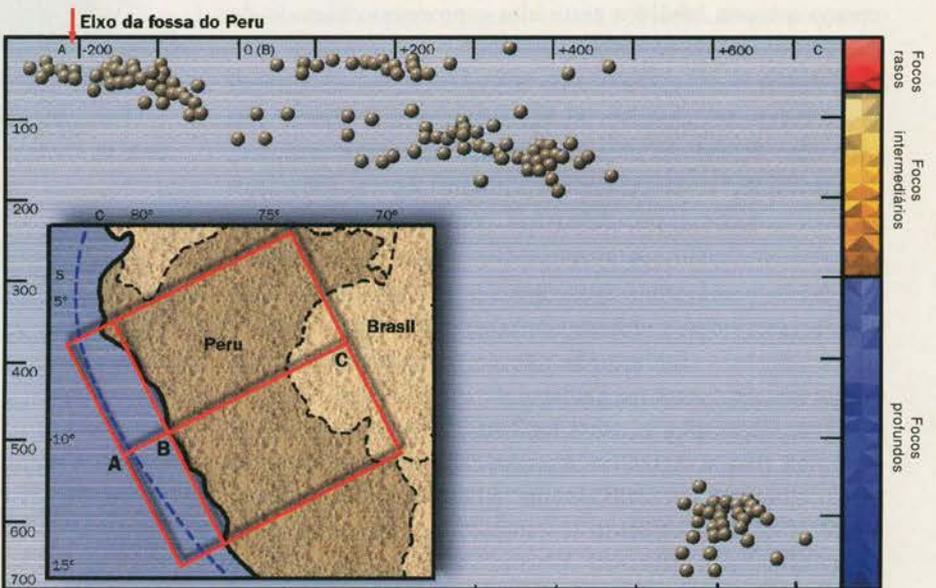


Figura 9. Perfil de distribuição de tremores de terra na região da cordilheira dos Andes, entre o Peru e o Acre, segundo a profundidade (em quilômetros) e a distância em relação ao litoral do continente (também em quilômetros).

mas só é possível afirmar que um oceano 'nasceu' quando tiver aparecido a crosta mais fina.

Terremotos e magnetismo

O movimento entre as placas sul-americana e africana começou na parte inferior do período Cretáceo, há 130 milhões de anos. Para entender o que

ocorre sob o Atlântico, é preciso lembrar, em primeiro lugar, que há uma extrema coincidência de terremotos e vulcões com cadeias montanhosas. Os Andes, na América do Sul, e as Rochosas, na América do Norte, cordilheiras que acompanham a margem oeste das Américas e formam um dos tipos de bordas ativas das placas, apresentam intensa ativida-

FOTO CEDIADA PELO AUTOR

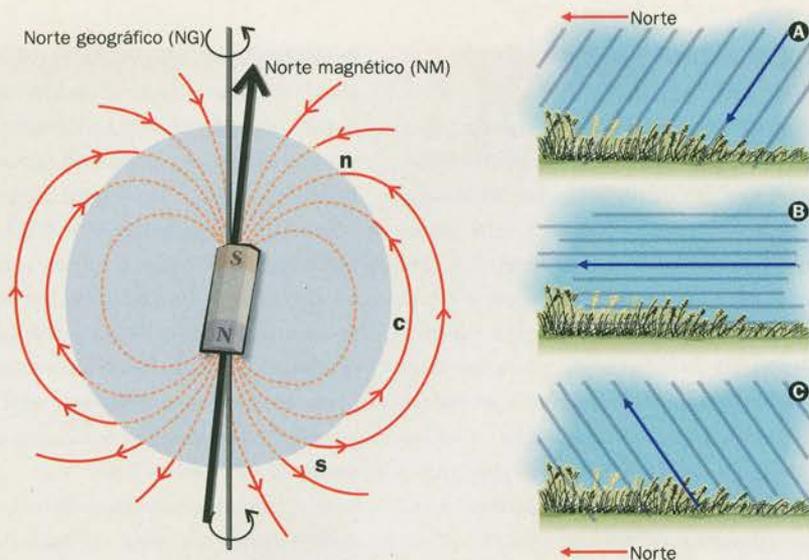


Figura 10. O campo magnético da Terra assemelha-se a um gigantesco ímã. No hemisfério Norte, as linhas de força desse campo 'entram' no solo (A); na região equatorial, são paralelas à superfície (B); e no hemisfério Sul 'saem' do solo (C).

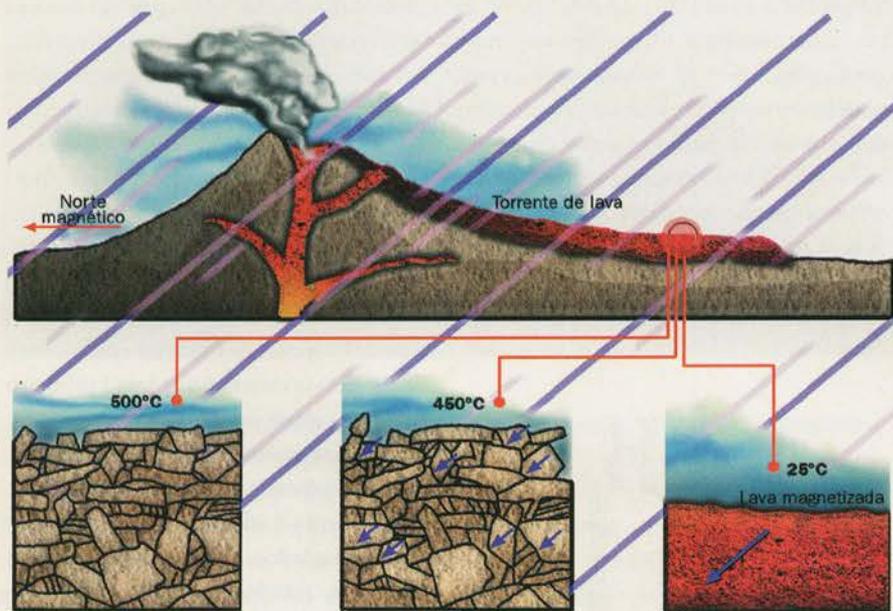


Figura 11. Quando a lava de um vulcão se cristaliza, com a redução da temperatura, os cristais formados guardam a orientação do campo magnético.

dece a alguns padrões bem definidos. Nas zonas onde as placas colidem, a profundidade dos focos de sismos (hipocentros) é tanto maior quanto mais afastados da costa eles ocorrem. O perfil de profundidade dos sismos revela uma linha inclinada para o continente, indicando as resistências e as condições a que as rochas estão submetidas nas crostas oceânicas e continentais.

Outro dado importante na análise dos movimentos tectônicos são as notáveis variações no comportamento magnético exibidas pelas rochas encontradas sob os oceanos. A direção e o sentido do campo magnético em rochas antigas estão ligados às propriedades do campo magnético existente quando a rocha se formou. Atualmente, o campo magnético terrestre apresenta um desvio de cerca de 11 graus em relação ao eixo de rotação da Terra (o ângulo varia alguns segundos por ano).

As linhas de força desse campo são semelhantes às de um gigantesco ímã ou agulha magnética (figura 10), e variam, em direção e intensidade, nas diferentes latitudes: no hemisfério Norte, o campo 'aponta' para dentro da superfície terrestre, enquanto na região equatorial as linhas são paralelas à superfície e no hemisfério Sul dirigem-se para fora do globo. Quando as rochas ígneas emanadas de vulcões ou fendas se cristalizam, seus componentes magnéticos (minúsculos cristais de minerais magnetizados) registram a direção e sentido do campo magnético presente (figura 11).

Ao longo do tempo geológico, o campo magnético terrestre sofreu variações. Nos últimos quatro milhões de anos, ocorreram pelo menos cinco períodos de campo normal, separados por intervalos de campo invertido, em que o pólo Norte trocou de lugar com o pólo Sul magnético. Em períodos 'normais', o campo tem o mesmo sentido do atual e, em épocas 'inversas', sentido oposto, mas não se sabe exatamente o que acontece quando há inversão, e quanto tempo

de sísmica e vulcânica. O mesmo ocorre nas cadeias de montanhas submarinas.

Os sismos indicam zonas limítrofes de placas porque refletem deslocamentos bruscos de massas de rochas, que aliviam as pressões a que estão submetidas (ver 'O movimento das terras', em *Ciência Hoje* nº 30). De modo geral, nas Américas do Sul e Central, os sismos

originados em baixas profundidades ocorrem junto à área litorânea, enquanto os de foco profundo acontecem no interior do continente. Quanto mais longe da costa, mais profundo tende a ser o foco de origem do sismo (figura 9).

No mundo, em um único dia, acontecem milhares de sismos de diferentes intensidades, mas sua distribuição obe-

leva para o retorno à situação 'normal'. Nas rochas existentes sob os mares, observa-se um padrão 'zebrado' (figura 12), que reflete sucessivas épocas de formação de rochas ígneas. Cada uma das 'listras' registra a condição do campo magnético presente quando essas rochas se cristalizaram. Padrões idênticos aparecem nos dois lados das cadeias meso-oceânicas, e a largura de cada faixa reflete a velocidade da expansão do assoalho oceânico naquele período.

Nos continentes, extensas bacias sedimentares formaram-se antes e durante seu surgimento. As rochas vulcânicas que existem nas bordas desses continentes e as camadas sedimentares associadas a essas rochas constituem as principais pistas para investigar fenômenos que ocorreram desde cerca de 200 milhões de anos, quando as partes de Gondwana começaram a se separar. As camadas rochosas são ainda a maneira mais segura de estudar a sucessão de ambientes e reconstruir as diferentes etapas de deslocamento das massas continentais.

Os continentes e o vulcanismo

O fluxo de calor no interior da Terra ainda não é bem compreendido. Admite-se que no manto ocorrem movimentos de convecção, ou seja, em certos pontos massas mais aquecidas ascendem até a base da litosfera e pressionam a crosta. Essa crosta aquecida, dependendo da existência de pressões horizontais, começa lentamente a se estirar, formando um domo alongado na superfície. Se a crosta é mais rígida do que a astenosfera em ascensão, esta se espalha em maior ou menor área.

No entanto, a acentuação do processo pode fazer a crosta rachar-se, e então o domo dá lugar a falhas, elevações e vales profundos. Em função dos esforços que atuam sobre a placa, fraturas antigas são ativadas e formam-se novas, que podem servir como vias de penetração de magma. Os grandes lagos da parte leste da África formaram-se provavelmente em processo desse tipo. O aquecimento da litosfera pode ainda provocar a fusão de rochas da crosta, dando origem a vulcanismo. Por isso, a história

da separação continental é revelada pela distribuição e pela sucessão de diferentes tipos de rochas vulcânicas.

A abertura do oceano Atlântico, no hemisfério Sul e na região equatorial, vem sendo acompanhada de fenômenos vulcânicos submarinos (ainda hoje presentes) e nas bordas dos continentes (mais antigos, identificados pelas rochas que produziram). O vulcanismo se processa em três situações: entre placas adjacentes e nos trechos oceânicos e continentais das placas.

Na borda de expansão das placas, na cadeia meso-atlântica, o vulcanismo é de natureza toleítica (rico em sílica): as rochas predominantes são olivina-basaltos e não formam montanhas vulcânicas. Junto a vulcões submarinos, em várias regiões da Terra, foram observadas associações complexas de organismos (figura 13). Em regiões totalmente escuras, a grandes profundidades, apenas a capacidade de processamento da energia fornecida por vulcanismo atual é capaz de explicar a existência dessas comunidades de seres vivos.

O vulcanismo no interior das placas é de dois tipos: oceânico ou continental, dependendo de sua posição. O primeiro se realiza sobre pontos quentes, ou seja, anomalias térmicas em que a temperatura do manto é mais alta que a do entorno, ocasionando fusão parcial e originando vulcões isolados, como nas Ilhas de Cabo Verde, Tristão da Cunha e Santa Helena. No fundo oceânico há grande número de montes cônicos, que seriam antigos vulcões. Alguns, que se elevam até pouco abaixo do nível do mar, chegaram a formar ilhas, arrasadas posteriormente pela erosão marinha e submersas por afundamento ou elevação do nível do mar.

O vulcanismo oceânico pode ocorrer ao longo das grandes zonas de fraturas ou junto de falhas de menor extensão. Exemplos brasileiros são os da Ilha de Fernando de Noronha e Atol das Rocas, que fazem parte de cadeia ali-

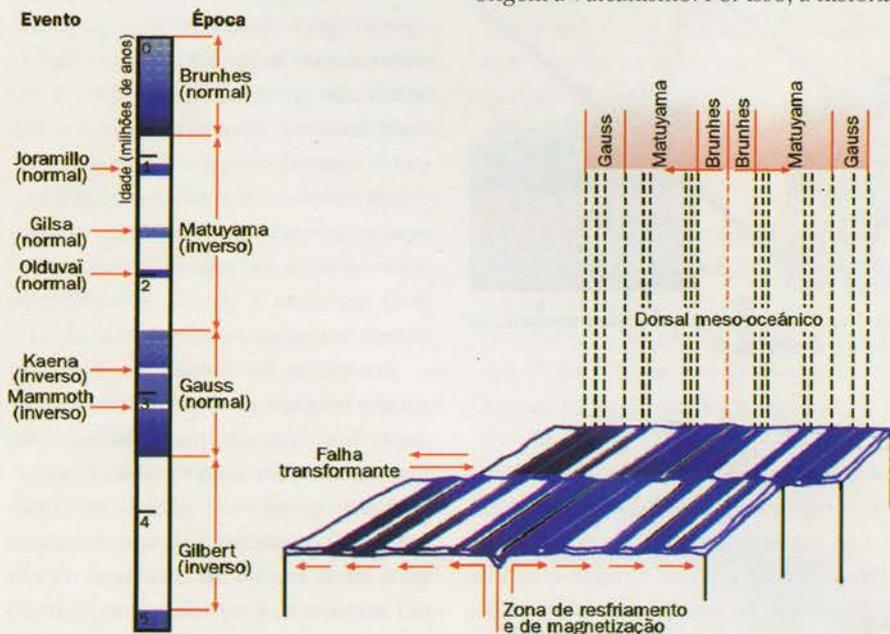


Figura 12. Padrão 'zebrado' simétrico encontrado nas rochas da crosta oceânica. As anomalias magnéticas - 'normal' ou 'inversa', divididas em eventos 'rápidos' e épocas - são reveladas por 'listras' iguais, uma de cada lado da cadeia meso-oceânica. A idade é dada em milhões de anos.

nhada da margem continental para o interior do oceano, acompanhando a zona de fraturas de Fernando de Noronha-Charcot. As ilhas de Trindade e Martin Vaz fazem parte de outra zona de fraturas similar, mas que não ultrapassa a cadeia meso-atlântica.

O alinhamento vulcânico dos Camarões, no Golfo da Guiné, desenvolve-se em zona de fraturas orientada para nordeste. Esse alinhamento inclui diversas ilhas oceânicas, como Annobon, São Tomé, Príncipe e Fernando Póo, e estende-se ao interior do continente, com numerosas rochas vulcânicas nas terras altas da República dos Camarões. Junto à costa, há um grande vulcão ativo, o Monte Camerum.

As ilhas do Atlântico Sul e Equatorial formaram-se de lavas tanto mais alcalinas e menos silicosas quanto mais distantes se acham da cadeia meso-atlântica. Ascensão e Bouvet, ilhas situadas na cadeia e tidas como as mais jovens desse trecho do oceano, são constituídas de lavas com teor acentuado de sílica e baixo de álcalis, comparadas às demais. Santa Helena, mais distante da cadeia, é moderadamente alcalina. Já em Cabo Verde, Fernando de Noronha e Trindade as lavas são ricas em álcalis e pobres em sílicas.

O vulcanismo no interior da placa continental precede, acompanha e sucede a abertura do oceano, manifestando-se também nas bacias marginais adjacentes (emersas e submersas). Na África, é ativo até hoje. No Brasil, o vulcanismo parece ter cessado no Mioceno, há cerca de 13 milhões de anos, mas deixou como seus principais testemunhos os diques e derrames da formação Serra Geral, na bacia do Paraná, além de outros depósitos de rochas vulcânicas nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste.

Fato notável no vulcanismo da placa sul-americana é sua distribuição desigual, determinada por segmentos espessos da crosta. As bacias sedimentares a oeste da do Ceará, até o limite com a

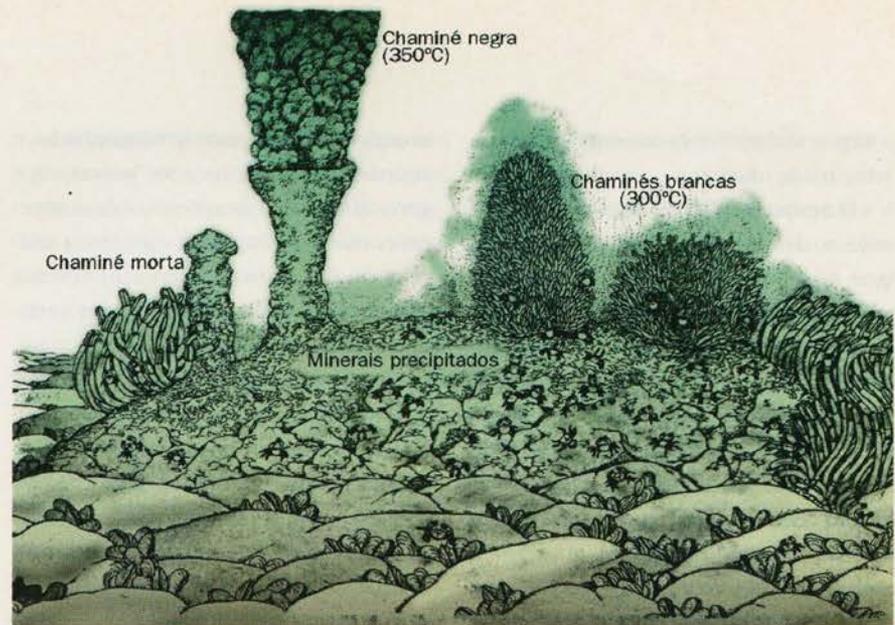


Figura 13. Chaminés hidrotermais associadas a vulcanismo na zona vulcânica da cadeia do Pacífico Oriental (em primeiro plano, lavas almofadadas, de erupções mais recentes, ainda não cobertas por sedimentos).

bacia do Marajó (PA), não apresentam vestígios de atividade vulcânica, assim como as bacias do Recôncavo (BA), de Tucano (BA) e de Jatobá (entre BA e PE). Isso se deve em parte ao fato de se situarem sobre crosta rígida e espessa, correspondentes a plataformas muito antigas.

Ambientes de sedimentação

Outro importante registro do afastamento dos continentes são os sedimentos de diferentes tipos depositados nas margens continentais da América do Sul e da África. É grande o conhecimento sobre tais empilhamentos, intensamente perfurados por companhias de prospecção de petróleo e gás. Cada bacia tem sido estudada isoladamente, mas a evolução da margem deu-se segundo grandes episódios sucessivos, comuns a todas elas, conhecidos como 'megássequências'.

Os principais, entre esses episódios, são as chamadas seqüências do continente, dos lagos, do golfo e do oceano. A seqüência do continente corresponde aos estágios iniciais de formação do Atlântico Sul, precedendo o estágio de rifteamento. Durante a parte inferior do

período Jurássico (a partir de 205 milhões de anos atrás), o centro da extensa 'depressão afro-brasileira' situava-se mais ou menos à altura da cidade de Salvador, estendendo-se do leste do Brasil atual até a região de Chaillu, na África. Acumularam-se rochas argilosas (folhelhos vermelhos) intercaladas com rochas não-argilosas (arcósios), posteriormente cobertas por rochas formadas a partir de areia (arenitos). Essas rochas, depositadas nos lados brasileiro e africano (na bacia do Gabão, por exemplo), correspondem a sedimentos lacustres rasos, fluviais e eólicos, ou seja, oriundos de lagos, rios e desertos.

A depressão afro-brasileira decorreu dos esforços iniciais de separação dos continentes. Do mesmo modo que uma borracha diminui sua espessura ao ser puxada para os lados, a superfície da crosta abaulou-se, em função da deformação plástica ocorrida em profundidade. A velocidade de sedimentação aumentou à medida que crescia a intensidade dos esforços, até atingir o limite de ruptura, quando a crosta terrestre se fraturou e formaram-se os primeiros riftes continentais. Em resposta aos fenômenos tectônicos, o 'sertão' brasileiro-africano trocava progressivamente os

antigos ambientes continentais por outros, muito distintos.

O aparecimento de riftes acentuou o relevo, dando início à seqüência dos lagos: as falhas formaram grandes blocos elevados, submetidos a intensa erosão. Sedimentos particulados (principalmente areias e conglomerados) depositaram-se nas bordas de extensos lagos fluviais, situados sobre os blocos que afundavam. As rochas dessa época incluem restos de troncos vegetais, pólenes e crustáceos não-marinhas (ostracodes), permitindo deduzir, além dos ambientes e idades das rochas citadas, que o clima reinante era semi-árido. A presença de evaporitos (sais decorrentes da evaporação marinha), evidenciando antigos lagos salinos, e as cores avermelhadas dos sedimentos presentes na base da seqüência do continente confirmam a interpretação climática.

A seqüência do golfo inclui os sedimentos depositados, sob relativa quietude tectônica, em ambientes de transição originados no início da invasão marinha, no andar Aptiano (parte inferior do período Cretáceo, há 114 milhões de anos). O termo golfo é adotado porque as invasões do mar assemelhavam-se às reentrâncias oceânicas existentes nos continentes atuais. Admite-se que a distribuição dessas rochas tenha sido contínua desde o litoral do Paraná até a costa de Alagoas, no Brasil, o que não significa que o golfo teria sido tão extenso, mas que as mesmas condições existiram nessa faixa durante cerca de dois milhões de anos, levando à acumulação de centenas de metros de sal e outros sedimentos.

Os evaporitos (principalmente anidrita e halita) dominam essa camada, associados a outros tipos de rochas (carbonatos, folhelhos, siltitos e arenitos). A

invasão do mar era acompanhada e sucedida por recuos ou isolamentos geográficos, que causavam, sob as severas condições climáticas vigentes, a evaporação das águas e a deposição de sua carga salina. Os ambientes eram variados: praias, deltas, planícies de maré, lagunas, pântanos litorâneos, mangues e outros. Os depósitos de sais evaporíticos parecem ter ocorrido em ambientes marginais subaquosos (lagunas) ou subaéreos (salinas marginais e planícies salíferas), provavelmente em bacias confinadas ou em áreas onde barreiras geográficas restringiam a livre circulação das águas com o golfo proto-oceânico. Na costa norte do Brasil, onde já existia o oceano Atlântico Norte e a circulação de águas com o golfo proto-oceânico equatorial era livre, não são encontrados evaporitos.

A seqüência do oceano, com distribuição contínua em toda a margem continental brasileira, é constituída de calcários, folhelhos e depósitos particulados turbidíticos (turbiditos são sedimentos originados de correntes de águas turvas, contendo material em suspensão, que se deslocam no fundo de águas estagnadas). Nos estágios iniciais dessa seqüência, os continentes já estavam bastante separados. Depositaram-se rochas carbonáticas ao longo de quase toda a costa mas, com o resfriamento da crosta e o avanço da separação dos continentes, durante a parte superior do Cretáceo (a partir de 91 milhões de anos atrás), acentuou-se o basculamento (movimento em que um lado baixa e o outro sobe) e afundamento das margens sul-americana e africana. Começaram a vigorar condições de mar aberto.

Com freqüência reconhecem-se, na margem continental africana, inúmeras identidades geológicas, paleontológicas

e temporais com a margem brasileira. As semelhanças favorecem a idéia da antiga ligação entre os dois blocos continentais até, pelo menos, o início do andar Albiano (parte inferior do período Cretáceo, há 112 milhões de anos). A partir daí observam-se outras evoluções simultâneas, mas independentes. A sedimentação atual nas áreas adjacentes ao continente é representada por depósitos marinhos e de transição – nestes, a participação do homem é mais intensa, pela implantação de cidades, indústrias, portos e balneários turísticos.

A história geológica do Atlântico está contida em menos de 3% da história geral do planeta. A aprendizagem do homem sobre sua própria existência e sobre o que acontece sob seus pés é um processo longo e ao mesmo tempo descontínuo. Aspectos significativos são constantemente revelados, à medida que a pesquisa avança. Pouco a pouco, a espécie humana muda a equivocada visão 'egocêntrica' do mundo, convencendo-se de que a natureza não está 'a serviço do homem'. Mesmo assim, os pesquisadores deixam cada vez mais claro que apenas começamos a recompor os longos passos dessa evolução e que, diante das monumentais forças envolvidas, somos meros espectadores 'dentro' do cenário.

Sugestões para leitura:

- ALMEIDA, F.F.M.de. 1962. Geologia e Petrologia da Ilha da Trindade. Rio de Janeiro: DNPM, Div. Geol. Miner. 197p. (Monogr. 28)
- BLOOM, A.L. *A superfície da Terra*. São Paulo: Blücher/EDUSP. 1970. (Série Textos Básicos de Geociência).
- BRANCO, S.M. & BRANCO, F.C. *A deriva dos continentes*. 4 ed. São Paulo: Ed. Moderna, 1992. 79p.
- LEINZ, V. & LEONARDOS, O.H. *Glossário geológico*. São Paulo: Cia Ed.Nacional, 1977. 239p.

CIÊNCIA HOJE

das crianças



REVISTA DE DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA PARA CRIANÇAS
ANO 8/Nº 55/R\$ 3,00

CARRO A GÁS



FALA MAIS ALTO!

De pai para filho,
faltando só quatro anos
para o século XXI.

ASSINE
HOJE MESMO
PELO TELEFONE
295 4846

O mundo do infinitamente pequeno nas reações químicas

Laser revela o que acontece com átomos em frações de segundo

Yann Gauduel

Diretor de Pesquisa do Instituto Nacional da Saúde e da Pesquisa Médica da França (Inserm).

Laboratório de Óptica Aplicada da Escola Nacional Superior de Técnicas Avançadas e da Escola Politécnica, Palaiseau.

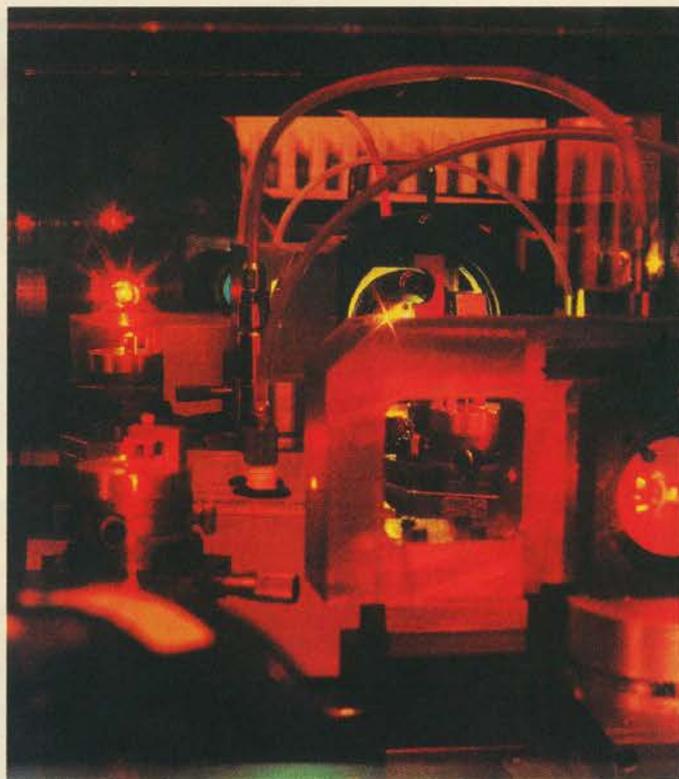
O que acontece durante o lapso de tempo extremamente curto em que se dá uma reação química? Graças a lasers capazes de emitir 'flashes' fantásticamente curtos, começamos a ter uma idéia. Há alguns anos, seria impossível fazer essa reconstituição de acontecimentos que se desenrolam em escala atômica, e que antecipa a química do futuro.

A química mergulha cada dia mais no mundo microscópico, bem distante do tubo de ensaio e da retorta. Nesse nível, a reação química se processa entre moléculas, íons, átomos e elétrons. Ao interagir, eles fazem surgir novas espécies; ou então, rompendo suas ligações, afastam-se uns dos outros. O que acontece entre o momento em que os reagentes são postos em contato e o momento seguinte, em que aparecem os produtos? Quais são as etapas intermediárias da formação de uma ligação química? Por que certas espécies se formam, e não outras? Só uma explora-

ção em escala atômica ou molecular pode responder a essas perguntas. A prova disso é a seqüência de prêmios Nobel de química atribuídos a cientistas que seguiram esse caminho, como o francês Jean-Marie Lehn (1987), ou os americanos Rudolph Marcus (1992) e George Olah (1994), para só citar os mais recentes.

Filmar esses acontecimentos para elucidar os mecanismos que regem a criação ou a transformação de moléculas é um sonho fantástico para qualquer químico. Mas esses processos não duram mais do que instantes incrivelmen-

Figura 1. Graças às fontes de lasers ultrabreves, pesquisadores sondam o comportamento das moléculas envolvidas em uma reação química na escala do femtossegundo (10^{-15} s). Eles descobrem, no infinitamente pequeno e no infinitamente rápido, uma complexidade às vezes insuspeitada. A foto mostra um sistema de lasers utilizado em experiências de química de femtossegundos realizadas no Laboratório de Óptica Aplicada em Palaiseau.



te breves, de menos de um picossegundo ($1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$, ou seja, um milésimo de bilionésimo de segundo), e ocorrem em distâncias extremamente curtas, frações de nanômetros ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$, um milionésimo de milímetro). Numa molécula, dois átomos distantes entre si de apenas alguns décimos de nanômetros vibram num ritmo que se mede em frações de picossegundo, ou menos. Finalmente, sob o efeito da agitação térmica, as moléculas de um líquido se animam com movimentos desordenados e se chocam umas contra as outras várias vezes por picossegundo. A com-

preensão dos fenômenos químicos, mesmo os mais simples, é, portanto, um desafio situado nos confins de dois mundos: o infinitamente pequeno e o infinitamente rápido.

Registrar acontecimentos tão fugidios exige um *flash* de luz de extrema brevidade. Como na fotografia, o importante é evitar imagens 'fora de foco'. Desde os anos 80, certos *lasers* pulsados emitem impulsos luminosos ultrabreves: os *lasers* de 'femtosegundos' (1 fs = 10^{-15} segundo, ou seja, um milésimo de trilionésimo de segundo). Esses *lasers* não permitem realizar verdadeiras chapas fotográficas, mas ajudam o pesquisador a acompanhar o deslocamento infinitesimal dos átomos, a captar, em tempo real, a mudança de conformação das moléculas em um gás ou em um líquido, e até mesmo a identificar estados químicos intermediários. Há cerca de 10 anos, a utilização desses *lasers* femtosegundos abalou o conhecimento sobre o comportamento de átomos e moléculas em escala microscópica (figura 1).

Um impulso *laser* para desencadear a reação, um outro para 'fotografá-la', e computadores para analisarem os resultados.

Com esses novos instrumentos, os pesquisadores se viram na situação de entomologistas que, habituados a observar insetos com um binóculo, tivessem de repente a seu alcance microscópios de extraordinária potência. Quando as informações obtidas foram reunidas, foi preciso que se aprendesse a identificar fenômenos muito fugazes e a distingui-los uns dos outros. Os acontecimentos foram então dissecados em reações elementares que, ao serem reconstituídas, permitirão obter o filme

completo de uma reação química.

Mas 'iluminar' no momento certo as moléculas em processo de reação não é uma coisa fácil. As interações são tão rápidas que a busca seria sem esperanças, se não se desse alguma ajuda à natureza. Assim, em lugar de colocar reagentes em contato, como se faria na química clássica, os pesquisadores se arranjaram para desencadear, num instante bem preciso, a reação que estão estudando. Em geral, eles têm a ajuda de um primeiro impulso *laser* (uma 'faísca') que precede aquele que servirá para a observação. É importante assinalar que as observações só podem ser realizadas e interpretadas com a ajuda de simulações numéricas dos fenômenos. Simulações tão complexas que na maioria das vezes têm de ser feitas em supercomputadores.

Mais do que na fotografia, o estudo das reações em tempos ultra-rápidos se apóia na espectroscopia. Por este método, analisa-se a luz absorvida ou reemitida pelos átomos (ou moléculas) depois da passagem de um impulso *laser*. A cor e, mais precisamente, as características espectrais dessa luz levam informações sobre os acontecimentos e as transformações que se desenrolaram.

O primeiro impulso femtosegundo desencadeia a reação num meio onde nada estava acontecendo. Ele dá o sinal de partida. O segundo impulso, atrasado em relação ao primeiro, tem por objetivo testar os atores da reação química em evolução. Depois da sua passagem, os pesquisadores recolhem a luz que sai da célula cujo meio está em reação. De que ela é formada? Por um lado, do próprio impulso *laser*, modificado pela absorção de uma parte de seus fótons pelos átomos e pelas moléculas com que está em contato; por outro, da luz reemitida e difundida em diversas direções por esses mesmos átomos e moléculas.

Desta forma, porém, registramos um único 'instantâneo' no decorrer da reação. Como ter acesso a todas as suas fa-

ses? Repetindo esta seqüência tantas vezes quantas forem necessárias. A reação completa reproduz-se de modo idêntico e, de cada vez, o intervalo de tempo entre os dois impulsos *laser* é modificado. Desta forma, é possível reconstituir o filme dos acontecimentos que se sucedem entre 50 femtosegundos e 100 picosegundos depois da largada inicial.

Como agem os impulsos luminosos? Os fótons do primeiro impulso dão energia à molécula ou ao átomo visado e os colocam num estado diferente do habitual, um estado excitado. Nesse estado, átomos e moléculas finalmente se tornam capazes de reagir com seus vizinhos e também de mudar de conformação. Dentro de uma molécula, as ligações covalentes de fato unem os átomos pela partilha de elétrons. A distribuição de nuvens eletrônicas em torno de cada átomo confere propriedades reativas específicas às espécies químicas. Essas nuvens eletrônicas são perturbadas pelos fótons do impulso *laser*, que modificam as propriedades químicas das moléculas que os absorvem.

A transferência de energia dos fótons para a molécula é tão rápida que os átomos não sofrem praticamente nenhum deslocamento durante a passagem do impulso excitador. Acontecimentos químicos começam então a aparecer: dissociação das moléculas, ejeção de elétrons ou de íons, mudança da arquitetura molecular. O efeito do segundo impulso é igualmente instantâneo. A radiação luminosa que sai da zona ativa carrega a marca da reação no instante preciso em que esse impulso passa. O pesquisador é capaz de distinguir na luz que recolhe, se as moléculas estão girando como piões ou se os seus átomos estão vibrando como se tivessem sido impulsionados por uma mola.

O estudo da matéria na escala dos femtosegundos realmente começou no início dos anos 80, quando os Laboratórios Bell (Estados Unidos) e logo depois o Laboratório de Óptica Aplicada

de Palaiseau (França) detectaram os impulsos ópticos de femtossegundos emitidos por *lasers* de corantes (ver 'Os *lasers* femtossegundos'). Ao longo dos últimos 10 anos, a busca de impulsos cada vez mais curtos foi conduzida sobretudo pelo grupo de Charles Shank, no laboratório norte-americano Lawrence, da Universidade de Berkeley, Califórnia. Com isso, dispõe-se agora de impulsos de uma dezena de femtossegundos em uma ampla gama de cores, que vão do ultravioleta ao infravermelho distante.

Pioneiro desta técnica, Ahmed Zewail (Instituto de Tecnologia da Califórnia) estudou desde 1985 as primeiras etapas da fragmentação, pela luz, de moléculas poliatômicas como o cianeto de iodo (ICN). A energia proporcionada por um impulso de femtossegundo leva a molécula a um estado eletrônico altamente excitado, no qual ela atinge facilmente o limiar do rompimento da ligação entre o átomo de iodo I e o grupamento cianeto CN. A ruptura, analisada em tempo real

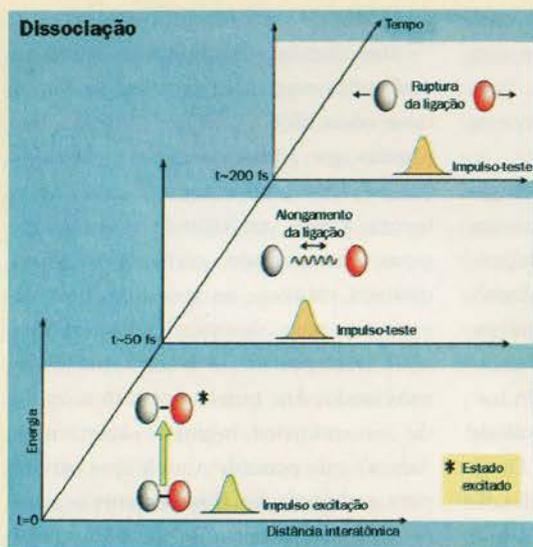


Figura 2. A quantidade de energia (alguns eV) fornecida por um impulso luminoso pode provocar no interior de uma molécula um desequilíbrio entre as forças atrativas e repulsivas dos átomos. Dai resulta um alongamento da ligação química, seguido de sua ruptura. Essa separação se produz em menos de um picossegundo. Segue-se outro impulso luminoso ultrabreve, que desempenha o papel de sonda. Repetindo-se várias vezes a experiência, com diferentes intervalos de tempo entre o impulso excitante e o impulso-teste, pode-se acompanhar os movimentos da molécula e sua ruptura.

por um segundo feixe *laser* ultrabreve, se conclui em 205 fs; é o tempo necessário para que os fragmentos se afastem uns dos outros num décimo de nanômetro (figura 2).

O movimento dos átomos causado por um impulso de femtossegundo não leva obrigatoriamente à dissociação de uma molécula. Registram-se também mu-

danças de estrutura, como a isomerização *cis-trans* na qual um grupo de átomos passa de um lado da molécula para outro (figura 3). É o caso do estilbeno, estudado por Graham Fleming, em Chicago, Robin Hoshtrasser, na Universidade da Pensilvânia, e, mais recentemente, pelo grupo de Jürgen Troe, em Göttingen, Alemanha. Ao absorver um fóton, a molécula na conformação *trans* passa para um estado excitado intermediário, no qual um dos dois anéis benzênicos gira de 90°. Esse estado, que requer a ultrapassagem de uma barreira de energia, é atingido em 70 ps. Um estado transitório em tudo comparável a ele pode ser alcançado partindo-se da conformação *cis*; neste caso, não há barreira de energia e a manobra não leva mais de 1 ps.

Essa experiência se distingue dos primeiros estudos de Zewail, realizados em meios muito diluídos, gases ou jatos moleculares, porque se passa em solução num meio líquido: o ciclohexano. As grandes tendências da química do femtossegundo se orientam de fato para as reações em fase líquida. Sem dúvida as mais comuns na química, elas têm também uma complexidade bem maior. O método, além de salientar o mecanismo, permitiu aos pesquisadores abordar efeitos mais sutis. Eles mostra-

Os *lasers* femtossegundos

No início dos anos 80, várias descobertas tecnológicas foram registradas no campo da geração de impulsos luminosos de duração inferior a 10^{-12} s. Durante mais de 10 anos, os impulsos ópticos de femtossegundos eram produzidos unicamente com a ajuda de *lasers* de corante. De alguns anos para cá, o *laser* sólido de safira dopada com titânio passou também a ser usado para obter esses impulsos ultrabreves. O recorde mundial atualmente está com C.V. Shank (Lawrence Berkeley National Laboratory), com impulsos de 6 fs, o que corresponde a apenas alguns períodos de oscilação da onda óptica.

A amplificação por um *laser* suplementar fornece impulsos luminosos caracterizados por uma duração compreendida entre 20 e 100 fs e uma potência máxima da ordem de gigawatts ($1 \text{ Gw} = 10^9$ watts). Uma potência destas gera, ao passar por um líquido, um novo impulso ultrabreve, que tem a particularidade de ser branco: ele contém todos os comprimentos de onda do ultravioleta vizinho ao infravermelho próximo. Este verdadeiro *laser* branco libera impulsos luminosos cuja duração fica entre algumas dezenas de fs e 100 fs. Com esta fonte de luz ultrabreve constituída de uma multiplicidade de comprimentos de onda, o pesquisador dispõe de uma ferramenta adequada para estudar, em tempo real, a dinâmica da formação de uma ligação química, a velocidade de transferência de uma carga elementar (elétron ou próton) entre duas moléculas ou, de uma maneira mais geral, as etapas elementares de um processo fotofísico ou fotoquímico em um gás ou um líquido.

ram que a dinâmica da isomerização *cis-trans* é influenciada por fenômenos de atrito entre a molécula de diestilbeno e as moléculas de cicloexano. Desta forma, comprovaram o fato de que a estrutura e o movimento de uma molécula podem ser modificados por sua interação com moléculas circundantes. Uma idéia, afinal de contas, muito natural, que se verifica em nível microscópico.

O estudo dos efeitos do ambiente é essencial para compreender-se como íons ou moléculas reagem e participam da dinâmica de processos químicos simples. Num meio gasoso, átomos e moléculas podem ficar isolados ou formar espécies de cachos ou agregados. Fascinantes para o químico, eles representam um verdadeiro paradigma da condensação da matéria. Com eles, sabe-se passar gradualmente do estado gasoso diluído, com átomos isolados ou grupos de dois ou três átomos (que de fato são moléculas) para cachos cada vez maiores, com dezenas, centenas e milhares de átomos, com todas as características do estado condensado, líquido ou sólido.

A utilização desses efeitos se adapta especialmente à fotoquímica dos fenômenos na escala do picossegundo (figura 4). Jhobe Steadman e Jack Syage, do Laboratório de Astrofísica de Los Angeles, os usaram no estudo minucioso de uma das reações mais elementares da química: a dissociação em próton (átomo de hidrogênio ionizado, que perdeu um elétron) e ânion de um ácido em solução. Depois de colocar fenol (álcool aromático que também é um ácido muito fraco) no centro de um agregado formado por moléculas de água, amônia ou metanol, eles verificaram quanto tempo o fenol levava para ceder seu próton. Um feixe de fótons ultravioletas excita primeiro o fenol, cuja propensão a ceder um próton (que nada mais é do que a sua acidez) seria muito fraca no estado fundamental. A transferência do próton depende essencialmente da natureza das moléculas vizinhas. Ela não ocorre quando

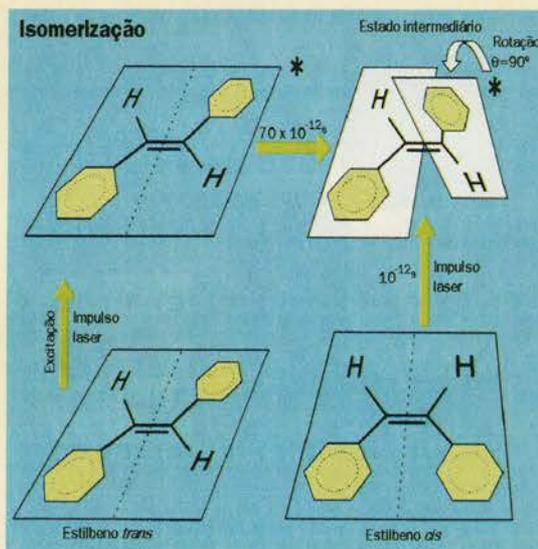


Figura 3. A isomerização *cis-trans* do diestilbeno em solução no cicloexano é um caso muito estudado de mudança de estrutura de uma molécula. A molécula, inicialmente num estado *trans*, é colocada num estado excitado por um impulso *laser*. Depois da rotação parcial de um dos seus ciclos benzênicos em torno da dupla ligação que os une, esse estado constitui uma etapa intermediária antes da passagem para a configuração *cis* do diestilbeno.

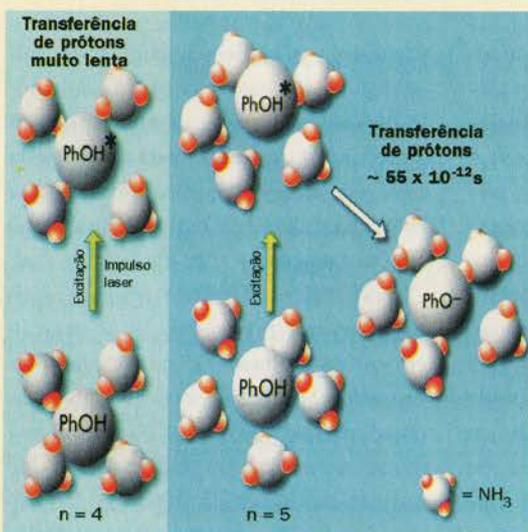


Figura 4. A associação de moléculas em cachos ou gaiolas modifica as propriedades de reatividade da molécula. Aqui, o fenol excitado por um impulso *laser* cede um próton em 55 ps quando está cercado de cinco moléculas amoníaco, mas leva 100 vezes mais tempo quando só tem quatro moléculas à sua volta (transferência quase proibida).

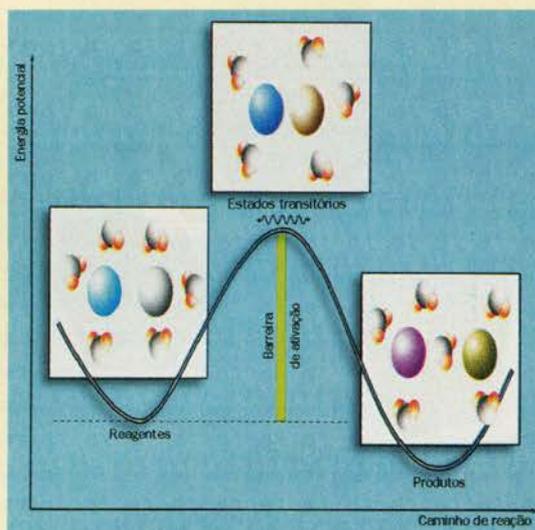
o agregado contém moléculas de metanol (CH_3OH). Em compensação, se completa em 55 ps na presença de cinco moléculas de amoníaco (NH_3). Quando o fenol está cercado por apenas quatro moléculas de amoníaco, a velocidade de transferência do próton é retardada por um fator 100.

Estas pesquisas abrem novas perspectivas no domínio da catálise, da enzimologia e, de uma maneira mais abrangente, dos fenômenos físico-químicos ou biológicos que ocorrem em espaços confinados (vesículas ou sistemas micelares). Mas ainda estamos longe de poder extrapolar esses resultados, obtidos em

reações simples e num ambiente perfeitamente controlado, para reações químicas complexas em fase líquida. Os pesquisadores tiveram que se concentrar primeiro na etapa inicial de uma reação química em solução. Como as moléculas de solvente se organizam em torno de uma espécie recém-formada? Como elas modificam a sua reatividade?

Para estudar esse fenômeno, chamado solvatação, os pesquisadores utilizam uma molécula-teste, na qual, de acordo com o método geral, a ação sobre as moléculas vizinhas é modificada por um primeiro impulso de femtossegundo. Sob efeito de um segundo

Figura 5. Uma reação química pode ser comparada a um percurso de átomos e moléculas por vales e cristas que representam a energia em jogo. Os caminhos favoráveis à transformação dos reagentes em produtos dependem do relevo e da existência ou não de desfiladeiros. Estes correspondem a zonas de cruzamento de superfícies de potencial (estado transitório) nos caminhos da reação.



impulso, a molécula-teste envia sinais indicando o que se passa no líquido. Qual é o segredo dessas moléculas-teste, em geral moléculas de corantes? A repartição de suas cargas elétricas, isto é, os elétrons em torno de seus átomos constitutivos, varia acentuadamente quando excitada com um *laser*. Como costuma acontecer com os *lasers* de femtossegundos, a transição é tão rápida que as moléculas vizinhas não têm tempo de se mover. Em seguida, as moléculas de solvente se reorganizam por meio de rotações e translações, para adaptar-se à nova conformação da molécula-teste. No decorrer dessa solvatação provocada, os pesquisadores acompanham passo a passo a luz reemitida pela molécula.

Essas experiências são acompanhadas por simulações numéricas do comportamento das moléculas. Comparando o resultado das simulações com o das experiências, chega-se aos movimentos moleculares que estão na origem das radiações luminosas observadas no espectrômetro. Dessa combinação entre cálculos e medidas emerge uma visão detalhada dos fenômenos, como mostraram vários grupos de químicos americanos e franceses (equipe de Claude Rullière na Universidade de Bordeaux). Em tempos que vão de 0,1 a 10 picos-

segundos, verdadeiras gaiolas de solventes se formam em torno das moléculas-teste. Pode-se até afirmar que as moléculas de solvente mais distantes da molécula-teste se reorganizam com uma velocidade diferente daquelas que estão em contato direto com ela.

Por que concentrar todos esses esforços nos processos de solvatação em escala molecular? Trata-se de compreender como a solvatação afeta as transferências de energia e orienta uma reação química. A probabilidade de que uma reação aconteça depende das trocas de energia acionadas pelos deslocamentos de átomos e de moléculas. Depende também da energia que se forneceu no início – seja um simples fóforo para acender uma vela ou um ‘flash’ de *laser* de femtossegundo nas pesquisas mais sofisticadas. Certas reações não acontecem porque requerem um fornecimento de energia grande demais, outras são favorecidas pelo fato de que, uma vez iniciadas, elas próprias liberam energia.

A reação química pode ser vista como uma viagem numa paisagem imaginária: o caminho percorrido seria a distância entre as moléculas, através de um relevo que representa a energia potencial de interação. Tomemos o exemplo de dois

átomos da mesma espécie que, em geral, tendem a se atrair mutuamente para formar uma molécula. O relevo é plano quando os átomos estão muito afastados para conseguirem interagir. Entretanto, no centro da paisagem existe uma cratera (energia potencial atrativa, portanto negativa). O sistema tende a se precipitar nela para se transformar numa molécula. Mas em geral as coisas não são tão simples: o relevo comporta colinas ou desfiladeiros, que separam vales correspondentes aos estados de energia mais fracos, portanto mais estáveis (figura 5). Certas barreiras são muito baixas (uma fração de quilocaloria por mol) e são transpostas facilmente com a ajuda da energia de agitação térmica que as moléculas possuem em temperatura ambiente. É o caso, por exemplo, da formação das ligações de hidrogênio, essas pontes tênues que ligam entre si as moléculas de água e asseguram a coesão deste líquido.

Seguir o vai-e-vem dos elétrons em uma molécula em processo de formação.

A ultrapassagem de um desfiladeiro (caracterizado por uma barreira de potencial valendo algumas quilocalorias por mol) é mais difícil. Ela se acompanha em geral da formação de uma espécie intermediária, molécula ou radical cuja duração de vida é muito curta, menor que um picossegundo. Nas reações entre íons ou moléculas, o ponto culminante da barreira corresponde a um estado particular e fugaz durante o qual dois reagentes entram em colisão ou em contato antes de se transformarem em produto. Para as reações no interior de uma molécula, o estado transitório corresponde muitas vezes a uma situação em que os elétrons estão passando de um sítio para outro.

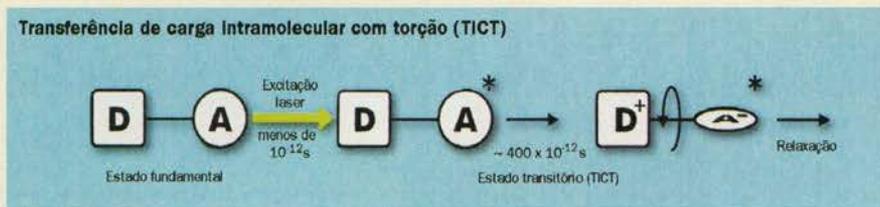


Figura 6. A transferência de carga no interior de uma molécula de dimetilaminobenzonitrila é um bom exemplo de reação com estado de transição. A transferência de elétron de uma ponta à outra da molécula é facilitada pelo aparecimento momentâneo de um estado chamado de TICT, no qual a molécula se torce em torno de uma de suas ligações.

Uma transferência de elétron no interior de uma molécula em solução: o que há de mais simples, aparentemente? O fenômeno foi estudado em moléculas como a dimetilaminobenzonitrila em solução (figura 6). Para provocar a transferência, envia-se um impulso luminoso sobre a molécula, para que ela fique num estado transitório chamado TICT (Twisted Intramolecular Charge Transfer). Nesse estado, uma parte da molécula se torce, o que facilita a transferência de elétron. Mas a história não termina aí. No estado transitório, a repartição das cargas da molécula se modifica e muda o ambiente eletrônico para as moléculas de solvente vizinhas. Em troca, estas últimas se reorganizam e favorecem, por seu movimento, a transferência de elétron intramolecular. Globalmente, as moléculas de solvente colaboram para a torção e a transferência: sua presença baixa o nível do obstáculo a transpor, diminuindo a energia do estado transitório TICT.

Sabe-se há muito tempo que as reações químicas são facilitadas ou inibidas por diferentes solventes. Hoje, esses resultados fornecem uma imagem detalhada das engrenagens microscópicas que entram em ação, e dão aos pesquisadores a esperança de poder um dia orientar à sua vontade as reações químicas mais variadas, de acordo com o solvente empregado.

A água, onipresente, ocupa um lugar especial entre os solventes. A visão microscópica que dela temos pela espectroscopia com luz infravermelha é a de uma rede muito densa de ligações de

hidrogênio, que se desfaz e volta a se formar em tempos da ordem do picossegundo. A química da água na escala de femtossegundos é, portanto, muito complexa. O método que se impõe é voltar aos conceitos fundamentais, no caso ao estudo do comportamento das duas cargas elementares: o elétron e o próton.

O elétron é um caso absolutamente singular. Poderíamos pensar que um elétron solto num líquido não tem qualquer chance de sobreviver isolado. Ora, as moléculas de água, com fortes proprie-

dades elétricas, formam com ele uma nova entidade química ou radical: o elétron solvatado, comparável a uma esfera de 2,3 angströms de raio (1 angström = 10^{-10} m, ou seja, um metro dividido em 10 bilhões de partes). Quer dizer que esta carga (que não tem dimensão mensurável por si própria) assume importância por atrair em torno de si as moléculas de água! Comparado a um elétron livre, que não se ligou às moléculas do solvente, o elétron solvatado se estabiliza durante alguns microssegundos em virtude de sua gaiola de moléculas de água. Ora, inúmeras reações, como a dissociação de dois tipos de íons de um sal posto em solução, a reação entre dois íons ou entre um íon e uma molécula, comportam, em estados variados, transferências de elétrons. A técnica da espectroscopia *laser* permite explorar em estado puro a transferência de um único elétron, na ausência de qualquer outro reagente.

Desde 1984, no Laboratório de Óptica

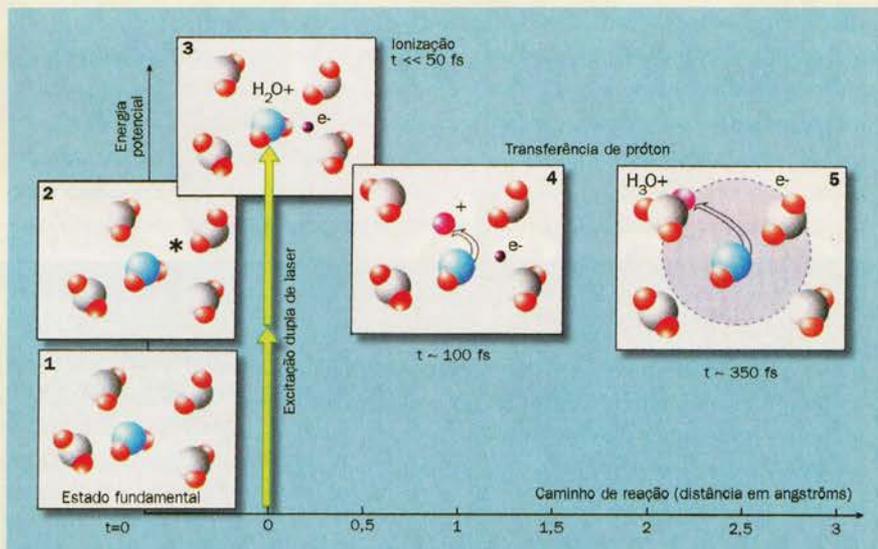


Figura 7. As transferências de elétron e de próton constituem a base de inúmeros processos reativos em química. No caso da água, isto é particularmente interessante. Duas moléculas de água podem ser excitadas e ionizadas por impulsos ultravioletas de femtossegundos. O elétron liberado por uma molécula assim ionizada interage com outras moléculas de água por processos ultra-rápidos, o que o leva a um estado de 'elétron hidratado'. O íon molecular H_2O^+ é formado em menos de 50 fs depois do impulso de *laser*. Ele reage com uma molécula de água no meio da densa rede de ligações de hidrogênio que caracterizam a água. Um próton (núcleo do átomo de hidrogênio) se transfere então, em 100 fs, do íon H_2O^+ para essa molécula de H_2O , processo que resulta no íon hidroxônio H_3O^+ e no radical hidroxila $OH\cdot$.

Aplicada de Palaiseau, fazemos pesquisas sobre os estados instáveis de elétrons em solução. Excitadas por um breve impulso de *laser* ultravioleta, as moléculas de água ejetam no líquido elétrons de energia muito fraca (figura 7). Seguimos a sua evolução com a ajuda de um segundo impulso no visível, ou no infravermelho. A maneira pela qual os elétrons absorvem esses fótons é muito diferente, segundo eles estejam livres, solvatados ou em estados intermediários. Nós identificamos vários desses estados, entre os quais um é o precursor do elétron totalmente hidratado. Esse estado 'pré-solvatado', correspondente à passagem de um desfiladeiro na paisagem de energia potencial, aparece em uma centena de femtossegundos e sobrevive cerca de 250 fs. Esse tempo é necessário para a organização das moléculas de água em torno do elétron: uma das ligações OH de cada molécula tende a orientar-se para ele, de modo a minimizar a energia total da dupla elétron-água.

Devemos nos precaver de acreditar que a compreensão dessas reações elementares decorre única e diretamente das experiências. Como no caso da solvatação de moléculas referida acima, ela resulta igualmente de poderosas simulações semi-quânticas, efetuadas princi-

palmente pelo grupo de Peter Rossky, na Universidade de Austin, Texas (EUA). Nossas explorações revelaram um estado novo, no qual o elétron se liga por um tempo muito breve (340 fs) a um grupo OH ou a um próton hidratado, quer dizer, a uma molécula de água à qual um próton se ligou para formar H_3O^+ , o íon hidroxônio já muito conhecido.

Um impulso *laser* ultravioleta nos permite seguir o itinerário do elétron desligado de uma molécula de água. Mas o que acontece com a molécula de água ionizada H_2O^+ que o elétron deixou (figura 7)? O íon molecular H_2O^+ desaparece rapidamente, o que é detectado quando examinamos a maneira pela qual o meio absorve um impulso-teste ultravioleta: o traço de H_2O^+ ali se apaga em uma centena de femtossegundos, enquanto um dos prótons do íon molecular pula para uma molécula de água vizinha, para formar o íon hidrônio ou próton hidratado H_3O^+ (novamente ele).

O objetivo desse estudo é nada menos do que dar uma visão em escala microscópica e em femtossegundos da reação mais conhecida dos ginasianos estreatantes em química: a dissociação da água em íons H_3O^+ e OH^- ! A complexidade dos fenômenos é tal que essa visão ainda não está completa, sobretudo quan-

to ao papel das vibrações da ligação hidrogênio nas transferências de carga.

Essa etapa de pesquisa em sistemas químicos simples e de pequenas dimensões é preliminar à análise de reações químicas ou bioquímicas mais complexas. No futuro, os comportamentos dinâmicos de sistemas compostos de várias centenas de átomos poderão, seguramente, ser esmiuçados. Esta química do futuro permitirá desvendar reações químicas ou bioquímicas implicando polímeros, sistemas supramoleculares, ácidos nucleicos, enzimas etc. Não há dúvida de que ela abrirá também horizontes no domínio da engenharia química, para a formulação de novos processos de síntese.

TRADUÇÃO: Maria Ignez Duque-Estrada

Sugestões para leitura:

- C. COHEN-TANNOUDJI, J. Dupont-Roc e G. GRYNBERG, *Processus d'interaction entre photons et atomes*, InterEditions-Éditions du CNRS, 1988.
- V. BRÜCKNER et al. (eds.), *Applications of time-resolved optical spectroscopy*, Elsevier, 1990.
- J. SIMON (ed.), *Ultrafast dynamics of chemical systems*, Kluwer Academic Publisher, 1994.
- Y. GAUDUEL e P.J. ROSSKY (eds.), *Ultrafast reaction dynamics and solvent effects*, AIP Press, 1994.
- J. MANZ e L. WOSTE (eds.), *Femtosecond chemistry*, VCH (Heidelberg), 1995.

A Contraponto Editora oferece aos leitores de *Ciência Hoje* seu mais recente lançamento, em venda direta, por R\$ 20,00 (desconto de 30%). Você receberá o livro em casa, pelo correio. As despesas postais já estão incluídas. Telefone ou escreva, pedindo o nosso catálogo. Tel. / fax (021) 275-0751. Caixa Postal 56066, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22292-970. Outros títulos desta série, também com desconto de 30%: *A formação do espírito científico* de Gaston Bachelard, R\$ 20,00; *Física atômica e conhecimento humano* de Niels Bohr, R\$ 13,00; *O valor da ciência* de Henri Poincaré, R\$ 14,00.



HEISENBERG

A PARTE E O TODO

Encontros e conversas sobre física, filosofia, religião e política

Os nossos produtos são feitos sob medida para cada tipo de consumidor. Por isso, os anúncios de revista são sob medida para as nossas necessidades.

Ricardo Adams
Diretor de Marketing
WALITA



A Walita sabe bem o significado da palavra segmentação. Como poucas empresas, ela investe muito para oferecer produtos diferentes para públicos diferentes. E é por este motivo que ela consegue ter uma grande participação nos mais diversos segmentos do mercado. Para a Walita, nada dá tanto resultado quanto anunciar em revistas. Afinal, nenhuma outra mídia é tão segmentada. Em uma revista é mais fácil dirigir uma mensagem para um determinado target. E anúncio dirigido é sinônimo de anúncio persuasivo. Quem afirma isso é Ricardo Adams, diretor de Marketing da Walita: "Anunciamos em revistas por esse meio ter uma maior flexibilidade para segmentar os produtos da linha Walita. Como nossa linha é muito ampla, tendo produtos high-end e low-end, o meio revista nos permite veicular anúncios sob medida para cada produto. E também nos permite anunciar o mesmo produto, com mensagens específicas para cada título".

ANER

Erva-mate tem seu futuro ameaçado

Exploração extrativista e cortes sem critério podem reduzir recursos genéticos da espécie



Principal atividade econômica do Paraná no século passado, a exploração da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) entrou em crise no atual século, principalmente nos anos 70, com a substituição de ervais por

outras culturas, como a soja. Nos últimos anos, entretanto, a atividade voltou a atrair os produtores rurais do estado, em função do aumento dos preços pagos pela indústria beneficiadora. Além disso, a erva-mate (figura 1), nativa da região Sul, admite consórcio com o cultivo de produtos alimentares e com o pastoreio, e pode ser extraída mesmo em reservas florestais. Graças a essas características, a espécie é excelente opção para produtores rurais interessados em conciliar a diversificação de culturas com a preservação ambiental.

Nas últimas décadas, a indústria de

beneficiamento da erva-mate modernizou-se, utilizando novas tecnologias, ampliando o conjunto de produtos derivados da espécie e provocando seguidos aumentos das coletas de matéria-prima (folhas e galhos). A recuperação da atividade torna importante os estudos sobre a interação entre empresas beneficiadoras e produtores de erva-mate, já que essa produção ainda é quase totalmente extrativista.

A produção brasileira de erva-mate está baseada no extrativismo em áreas nativas, no adensamento de ervais e em plantações homogêneas, localizadas quase sempre em áreas de ocorrência natural da espécie. Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul são os estados produtores (figura 2).

O aumento da produção no Paraná, de 1980 a 1989, decorreu da expansão de áreas plantadas, das técnicas de poda empregadas e da exploração de áreas antes inaproveitadas. No estado, que possui grandes áreas aptas à silvicultura, a cultura da erva-mate (figura 3) é setor

consolidado nas áreas de ocorrência natural da espécie. Com a recuperação da atividade, as áreas plantadas aumentaram, no Paraná, de 706 ha, em 1980, para 1.111 ha, em 1985.

Até 1930, a produção de erva-mate destinava-se principalmente ao mercado externo. Os produtos eram a erva cancheada (seca e primariamente triturada, nos locais de extração) e a erva beneficiada (transformada em produtos pela indústria emergente). O chimarrão era o produto básico do beneficiamento. A Argentina, até então maior mercado importador da erva brasileira, parou de comprar a erva beneficiada em 1933, ao estruturar sua própria produção, mas até o final dos anos 60 continuou a adquirir no Paraná erva cancheada para misturar com a que produzia.

Ainda nos anos 30, em plena crise da atividade ervateira, provocada pela redução das compras argentinas, surgiu o mate queimado ou tostado, destinado ao mercado interno. O novo produto foi apresentado pelas grandes empresas como



Figura 1. Árvores de erva-mate (*Ilex paraguariensis*), em erval cultivado.

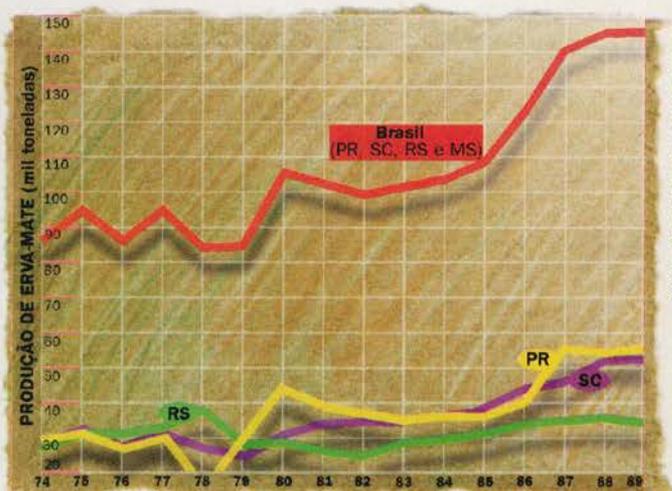


Figura 2. Produção de erva-mate cancheada no Brasil (em toneladas).



- | | | |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 - Pitanga | 8 - Rebouças | 15 - Bitiruna |
| 2 - Prudentópolis | 9 - São João do Triunfo | 16 - Porto Vitória |
| 3 - Imbituva | 10 - Mangueirinha | 17 - União das Vitórias |
| 4 - Guarapuava | 11 - Cruz Machado | 18 - General Carneiro |
| 5 - Pinhão | 12 - Mallet | 19 - Paula Freitas |
| 6 - Inácio Martins | 13 - São Mateus do Sul | 20 - Turvo |
| 7 - Rio Azul | 14 - Palmas | |

Figura 3. Principais municípios produtores de erva-mate, no Paraná (por ordem de produção).

alternativa ao chá preto, na época totalmente importado e, por isso, caro. Apenas nos anos 60 a erva cancheada, o chimarrão e o chá-mate ganharam a companhia de outros produtos: chá-mate solúvel, chá-mate com limão e outros. Hoje, também é comercializada a erva verde (ligeiramente tostada).

Os processos tradicionais de fabricação da erva-mate – o chamado ciclo do cancheamento – incluíam corte, sapeco (redução inicial da umidade pelo contato direto com o fogo), secagem (desumidificação lenta, em aparelhos do tipo barbaquá ou carijó, que respectivamente permitem ou não a ação da fumaça da fornalha sobre a erva), malhação (trituração, pela percussão ou pelo pé-de-carneiro) e coagem. Os antigos engenhos de beneficiamento faziam a retificação da secagem, a limpeza da erva e sua trituração em granulações adequadas às preferências dos mercados consumidores.

Com os barbaquás mecânicos, surgidos no final dos anos 50 e usados mais intensamente pela indústria nas duas últimas décadas, as maiores empresas

passaram a comprar a erva em folha, o que reduziu o número de produtores artesanais de erva cancheada, hoje sérios candidatos à extinção. O equipamento, movido a eletricidade, realiza rapidamente todas as operações, do sapeco à coagem. A secagem e a trituração, que no sistema tradicional exigiam pelo menos 10 horas, consomem apenas cerca de 10 minutos nos barbaquás mecânicos.

Os diferentes produtos obtidos a partir da erva-mate são divididos hoje em três grupos: erva-mate cancheada

não-padronizada (bruta, após a secagem e primeira trituração), a erva-mate cancheada padronizada (peneirada, sem paus, cascas e fiapos) e a erva-mate beneficiada (os derivados destinados ao consumo: chimarrão, chá-mate verde, chá-mate tostado, mate solúvel, tererê e outros).

Segundo o Cadastro de Estabelecimentos Industriais do Paraná, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referente a 1985 (o mais recente, pois não houve censo industrial no país em 1990), a indústria do mate no Paraná inclui apenas empresas nacionais, duas delas sociedades anônimas. As maiores empresas do setor no estado, por número de empregados e faturamento, são a Leão Júnior S.A. e a Moinhos Unidos Brasil Mate S.A.

Tradicionais, as duas empresas são as maiores exportadoras de erva-mate beneficiada do Paraná e têm atividades diversificadas, produzindo chás de várias ervas (a Leão Júnior lançou-se também no ramo dos achocolatados). Maiores produtoras de chá-mate tostado do país, detêm cerca de 80% do mercado interno. De porte variado, as demais

empresas do setor no Paraná comercializam principalmente erva cancheada e beneficiada para chimarrão, atuando em condições de concorrência.

O extrativismo, em ervais naturais no Paraná e em Santa Catarina, ainda é a principal fonte de matéria-prima para a indústria paranaense. As empresas do estado não têm plantações próprias suficientes para seu abastecimento, adquirindo de terceiros a maior parte da erva que beneficiam. A maior demanda industrial e a substituição de ervais nativos por outras culturas vêm aumentando os preços da erva-mate e induzindo a superexploração desse recurso florestal, o que pode reduzir a produtividade e até extinguir a espécie em muitas áreas.

A anunciada escassez de matéria-prima, no entanto, não parece preocupar as grandes empresas, que não têm interesse em intensificar a organização de produção própria, ou promover maior integração com produtores, ou garantir a compra da matéria-prima através de acordos prévios ou contratos. Como principais compradores de erva em folha, mais barata, e maiores beneficiadores primários, tais empresas têm como suportar o aumento dos custos. Além disso, existe a possibilidade de importação de estoques excedentes da Argentina. A erva-mate importada permite a produção do chá-mate, de ampla aceitação no mercado brasileiro, e também pode ser misturada à nacional na produção do chimarrão.

As maiores empresas do Paraná, apesar do grande poder de compra, não controlam o mercado de matéria-prima. A concorrência na indústria é alimentada por aspectos relacionados aos padrões de consumo de chimarrão no Rio Grande do Sul (estado que mais consome o produto). Exemplo disso é a erva-mate ainda verde, proibida na Argentina (sob a alegação de que faria mal à saúde), que conquistou o mercado gaúcho ao começar a ser vendida no Brasil, há poucos anos. As empresas ervateiras – segun-



Figura 4. O corte de galhos e folhas é feito muitas vezes sem critérios técnicos.



Figura 5. Há poucos estudos genéticos sobre a erva-mate (na foto, com frutos maduros).

do depoimentos no II Simpósio Catarinense da Cultura da Erva-Mate, realizado em 1992 em Ponte Serrada (SC) – não suportaram os custos de armazenagem decorrentes da crise econômica do país e passaram a vender erva-mate verde, para não estocar por muito tempo a matéria-prima.

A boa aceitação do produto levou empresas gaúchas a anteciparem as compras de matéria-prima, alterando o período de colheita em Santa Catarina e no Paraná. Algumas chegaram a instalar barbaquás mecânicos no Paraná. Hoje, a erva-mate verde é tão procurada que, em supermercados gaúchos, os consumidores abrem pacotes do produto para ver se está verde e rejeitam o mais tostado.

Após a extinção do antigo Instituto Nacional do Mate, a exploração da erva-mate passou a ser regulamentada, em 1986, pelo Ato Normativo nº 001/86, do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). O Ato determinava um período para o corte das plantas, proibindo-o nos demais meses do ano, para garantir a manutenção de ervais nativos.

Empresários do setor ervateiro, porém, pediram a revogação das restrições ao corte, durante o II Simpósio Catarinense de Cultura da Erva-Mate, em 1992, alegando que estas traziam dificuldades para a indústria. Para os beneficiado-

res, a ausência de restrições quanto ao período de corte na Argentina, onde o produto é colhido em ervais cultivados, favoreceria, com a implantação do Mercosul, as vendas de derivados da erva-mate argentinos no Brasil. O argumento levou o governo a substituir as normas do IBDF pela Portaria nº 118 (12/11/1992) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), que permite a produtores e empresários cortar erva-mate em qualquer época.

A revogação do Ato nº 001/86 pode ter conseqüências nocivas. Os critérios de poda da erva-mate estudados pelo Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (CNPFF) – situado no Paraná e vinculado à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – nem sempre são obedecidos pelas equipes de corte contratadas pelas empresas beneficiadoras, o que pode acarretar até a morte das plantas. Tais critérios, ao contrário do que determinou o Ibama, dizem que a poda deve ocorrer apenas no período de repouso fisiológico da espécie, mantendo-se no mínimo 30% de galhos e folhas para preservar a estrutura da árvore (figura 4).

As duas grandes sociedades anônimas, maiores produtoras de chá-mate tostado e maiores compradoras de matéria-prima, formam, no Paraná, um segmento à parte, oligopolista, dentro da indústria da erva-mate. As diferenças entre as empresas

ervateiras implicam motivações e interesses também variados junto ao poder público, mas o fim das restrições para obtenção de matéria-prima agradou tanto aos segmentos mais atrasados da indústria quanto às empresas modernas.

Os ervais nativos precisam ser protegidos, pois o material genético utilizado hoje é constituído basicamente de sementes de árvores matrizes selecionadas visualmente nessas matas (figura 5). Ainda são poucas as áreas produtoras de sementes e raras, no Brasil, os estudos sobre a criação de bancos de germoplasma de *Ilex paraguariensis* e de espécies aparentadas.

Ao adotar uma regra geral para a produção e extração de erva-mate, em vez de normas diferenciadas (para áreas plantadas e para áreas de ervais nativos), o poder público desconsiderou a importância do extrativismo, ainda hoje predominante na obtenção de matéria-prima para a indústria. A perspectiva, diante desse quadro, é a intensificação de cortes sem critérios técnicos, o que representa séria ameaça à preservação dos recursos genéticos da erva-mate no Paraná e nas demais regiões produtoras.

Sandra da Rosa Andrade

Escola de Florestas,

Universidade Federal do Paraná.

Formiga perde a cabeça por causa de mosca

Inimigos miúdos podem ajudar a controlar infestação por formigas lava-pés

As formigas lava-pés encontram ambiente favorável em áreas perturbadas por atividades humanas. Ocasionalmente, nessas condições, as densidades das colônias tornam-se muito elevadas, como ocorre em povoados da Amazônia ou em áreas onde o inseto foi acidentalmente introduzido, como nos Estados Unidos e em Porto Rico. Essa superpopulação pode representar sério problema de saúde pública, por causa da dolorosa ferroadada desse tipo de formiga. Vários inseticidas são usados para reduzir as colônias. O composto químico dodecacloro, usado até recentemente no controle de formigas-cortadeiras, e banido há alguns anos nos Estados Unidos por causa da alta toxicidade, foi desenvolvido justamente para combater a formiga lava-pés. Hoje, com essa finalidade, estão registrados nos Estados Unidos mais de 100 produtos.

O nome formiga lava-pés abrange várias espécies do gênero *Solenopsis* que vivem em campos e plantações. Pequenas e de coloração variada, elas fazem ninhos de terra fofa, em forma de pequenos montes. Como o gênero é originário do Brasil, as populações dessas formigas são em geral baixas no país. Normalmente, casos de altas densidades, como os verificados em povoados amazônicos, são consequência da introdução acidental do inseto ou de intensa perturbação ambiental, provocada pelo homem. A ausência – em situações normais – de grandes populações de formigas lava-pés no Brasil sugere a existência de agentes naturais de controle biológico. Tais agentes podem incluir doenças, predadores e parasitoides (parasitas de insetos que, ao contrário dos parasitas



Figura 1. Larva da mosca *Pseudacteon litoralis* na terceira fase, ao lado da cabeça da formiga lava-pés (*Solenopsis saevissima*), de onde foi removida.



Figura 2. Período pré-pupal da mosca *Pseudacteon litoralis*, em que a formiga lava-pés (*Solenopsis saevissima*) perde a cabeça.



Figura 3. Mosca (*Pseudacteon litoralis*) adulta, após emergir do pupário.

normais, matam o hospedeiro), capazes de regular a população das formigas.

Algumas moscas minúsculas, do gênero *Pseudacteon*, registradas várias vezes em estudos sobre formigas lava-pés

atacando operárias das colônias, eram consideradas potenciais parasitoides. Tais moscas, no entanto, jamais foram criadas – em condições de laboratório – a partir de formigas lava-pés, o que gerava dúvidas sobre sua ação parasitóide. Além disso, seu ciclo de vida era desconhecido.

Todas essas dúvidas foram desfeitas através de pesquisas de campo em que colônias de formiga lava-pés (da espécie *Solenopsis saevissima*) foram expostas a essas moscas. Na presença do inimigo voador, as operárias da colônia assumem uma postura de defesa, abrindo as mandíbulas e levantando as patas anteriores. Isso não impede, no entanto, que a mosca ataque violentamente as operárias maiores, depositando apenas um ovo no tórax das formigas. Como cada mosca fêmea põe centenas de ovos, pode potencialmente parasitar centenas de operárias.

A larva da mosca, que deixa o ovo após alguns dias, passa por três fases (denominadas instares). Na primeira, penetra no tórax da formiga e após três ou quatro dias migra para a cabeça. Na segunda e na terceira fases, que duram cerca de três semanas, a larva consome os tecidos da formiga, crescendo até atingir o tamanho da cabeça de sua hospedeira (figura 1). Durante esse período a operária parasitada continua viva, mas nada se sabe sobre seu comportamento na colônia. Quando a cabeça vazia da formiga cai do corpo, suas mandíbulas se abrem. A larva forma seu pupário dentro da cabeça vazia e se transforma em pupa (figura 2). Ao emergir do pupário, a mosca adulta (figura 3) sai pela boca da formiga. Todo o processo, do nascimento até o início da fase

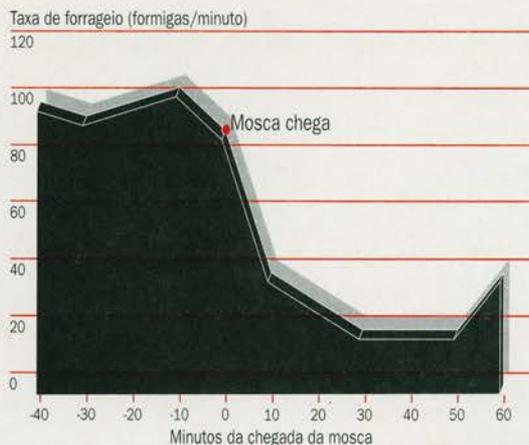


Figura 4. Redução da atividade de forrageio de colônia de formigas lava-pés (*Solenopsis saevissima*) em isca de sardinha, na presença da mosca.

sua atividade de forrageio (busca de alimento) e até se escondem (figura 4). O comportamento de fuga permite a competição de outras formigas por alimento, reduzindo a reprodução das espécies de *Solenopsis*. Segundo estudos feitos

por M. Orr na Costa Rica, a mosca *Neodobriniophora curvinervis*, parasitóide de formigas-cortadeiras, produz efeitos semelhantes, afetando a taxa de forrageio e a divisão do trabalho de operárias de *Atta cephalotes*.

A confirmação de que as moscas do

gênero *Pseudacteon* são parasitóides das formigas lava-pés pode ajudar no desenvolvimento de controles biológicos para esses insetos. O potencial dos agentes naturais na redução de populações de formigas ainda não foi pesquisado, mas essa alternativa tornaria desnecessárias as elevadas quantidades de inseticidas hoje empregadas, diminuindo tanto o custo desses produtos quanto os riscos ambientais a eles associados.

Harold Gordon Fowler
Marcos Antônio Pesquero
Sofia Campiolo
Adilson Zacaro

*Instituto de Biociências,
 Universidade do Estado de São Paulo.*

Sanford Donald Porter
*Medical and Veterinary,
 Entomology Laboratory,*

United States Department of Agriculture.

adulto, dura de 35 a 46 dias.

Essas pequenas moscas provavelmente regulam populações da formiga lava-pés não de forma direta, por matar grande número de operárias, e sim por mudar o comportamento da colônia. Na presença dessas moscas, as formigas reduzem

Nossos rios temporários, desconhecidos mas essenciais

No Nordeste, para usar bem a água é preciso estudar os rios que secam

A Terra apresenta hoje áreas áridas em cerca de 20% de sua superfície e áreas semi-áridas em outros 20%. A proporção de terras áridas e semi-áridas, no entanto, aumenta continuamente, em função de processos de desertificação, variação climática e destruição das florestas. Hoje, cerca de 20% da população do planeta vive em áreas áridas e semi-áridas, e nesses ambientes os rios – fundamentais no ciclo da água – são de vital importância para a sobrevivência humana.

Do ponto de vista hidrogeológico, a peculiar característica dessas regiões mais secas é o escasso valor de reposição natural de água (recarga), decorrente do efeito combinado entre pouca precipitação e alta evaporação. Por causa desse déficit climático, os processos de liberação de água (descarga) são praticamente

nulos nessas regiões, ocorrendo fundamentalmente nos leitos dos rios, quase sempre temporários ou efêmeros.

Existem hoje diversas razões para o estudo dos rios de regiões áridas e semi-áridas. O conhecimento da relação entre os ecossistemas aquáticos temporários e os processos de perturbações hídricas (cheia e seca), por exemplo, permitiria prever e acompanhar as respostas do meio ambiente às alterações climáticas atualmente em processo no planeta. Essa relação apresenta diferentes aspectos: 1) o nível freático dos rios temporários está diretamente relacionado às variações na quantidade de precipitação total de uma região; 2) o funcionamento geral dos rios temporários é influenciado pelos processos de perturbações hidrológicas (cheia e seca); e 3) os rios temporários

permitem uma primeira avaliação da mudança que os ecossistemas aquáticos de regiões úmidas sofreriam com o aumento das zonas áridas.

Os ecossistemas fluviais de zonas áridas e semi-áridas também atraem o interesse de pesquisadores por sua importância como exceções dentro das diversas teorias, geralmente formuladas para rios permanentes, que explicam a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas lóticos (que envolvem, além do curso d'água em si, os aspectos biológicos, geológicos e físico-químicos da área banhada). Uma dessas teorias destaca a dominância dos processos longitudinais na organização de tais ecossistemas. Elaborado com base em rios da zona temperada (principalmente do norte dos Estados Unidos), esse



Seqüência de cheia rápida (flash flood) no Arroyo de La Montesina, na Espanha. Estudos das características das cheias (intensidade, duração e freqüência) são essenciais para explicar muitos processos funcionais dos rios temporários.

conceito é freqüentemente aplicado a ecossistemas fluviais de outras regiões do planeta. Entretanto, a troca lateral de água (entre a coluna d'água e as margens) e a troca vertical (entre a coluna d'água e o solo abaixo do rio), essenciais nos rios temporários, não foram suficientemente examinadas nesse conceito.

Presentes em diferentes regiões do mundo, os rios temporários estão sempre associados a áreas de baixa precipitação e alta evaporação e, em geral, apresentam duas fases de perturbações hidrológicas extremas: cheia e seca. Essas fases têm papel importante no funcionamento de ecossistemas hídricos, especialmente em regiões áridas e semi-áridas. Embora a maioria dos estudos sobre perturbações hidrológicas em rios temporários enfoque a influência da cheia no funcionamento desses ecossistemas, a seca também os perturba – em alguns casos com efeitos negativos maiores.

Em função de sua extensão territorial e de suas condições de umidade, o Brasil possui uma das mais ricas redes hidrográficas do mundo. Essa rede inclui diversos rios temporários, situados principalmente na região Nordeste. Metade da área nordestina apresenta clima superúmido ou semi-úmido, com a precipitação anual oscilando entre 1.200 mm e 1.500 mm. Apesar disso, a região caracteriza-se pelo clima semi-árido encontrado nos restantes 50% do seu

território e pela influência desse clima na situação econômica e social.

O clima do semi-árido brasileiro, porém, é considerado um dos mais complexos do mundo, em função de perturbações nas correntes de circulação responsáveis pelas chuvas. Em função disso, a precipitação apresenta grandes oscilações, com destaque para importantes períodos de seca (que variam de um a 11 meses), enquanto a temperatura mostra certa homogeneidade em toda a região semi-árida (25° a 30°). Os rios do semi-árido são irregulares, com fluxo de água superficial intermitente, que desaparece no período de estiagem. A vegetação do semi-árido, a caatinga, não proporciona um manto protetor para o solo, aumentando ainda mais a perda de água.

Apesar da imensa área do semi-árido (mais de 10% da superfície do país) e da grande quantidade de rios temporários ali existentes, pouco ou nada se conhece sobre a estrutura e o funcionamento desses ecossistemas. A escassez de água, substância essencial à vida humana, é o principal fator limitante do desenvolvimento econômico e social do chamado sertão nordestino. Essa constatação evidencia a importância e a necessidade de realizar maiores estudos sobre os rios temporários da região semi-árida brasileira.

Tais estudos permitiriam a abertura de novas perspectivas, dentro da ecologia

teórica e de ecossistemas, quanto à relação entre os conceitos de estabilidade e complexidade em ecossistemas perturbados. Isso seria conseguido através da avaliação e interpretação da influência da perturbação hidrológica (cheia e seca), em seus diferentes atributos (intensidade, duração e momento de ocorrência), no funcionamento desses ecossistemas. Com essas pesquisas, também seria possível conhecer as implicações do intercâmbio entre as águas superficial e intersticial para o armazenamento da substância no solo, para a retenção de nutrientes e para a desertificação (ou para o processo contrário, eutrofização).

O maior conhecimento sobre os rios temporários do Nordeste levaria à criação de uma base de dados, ponto de partida para futuros estudos no semi-árido, desde trabalhos de hidrologia aplicada (transposição de águas) e análises da variação climática a investigações sobre influências econômicas e sociais do regime hídrico. A partir daí, poderia ser elaborado um modelo que permitisse monitorar as conseqüências das mudanças globais do clima sobre os ecossistemas fluviais do semi-árido brasileiro, otimizando ali a preservação e o uso dos escassos recursos hídricos.

Leonardo Maltchik

*Departamento de Sistemática e Ecologia,
Universidade Federal da Paraíba.*

A anatomia dos carvões pré-históricos

Arqueologia encontra respostas em restos de fogueiras e incêndios florestais

A Amazônia caracteriza-se hoje por uma rede de incontáveis rios, riachos e igarapés cercados por densa floresta tropical, que cresce sob intensas chuvas. O clima da região, entretanto, não foi sempre úmido: há alguns milhares de anos a floresta enfrentou importante período seco. Essa descoberta surpreendente foi feita, no final dos anos 80, graças à análise de carvões – com datações entre seis mil e três mil anos atrás – encontrados na região, e confirmada poucos anos depois por outros estudos. A origem dos grandes incêndios que produziram esses carvões ainda é desconhecida, mas acredita-se que um período de seca relativa tenha favorecido o alastramento de queimadas naturais ou realizadas por antigos habitantes para eliminar a vegetação natural e abrir espaço para culturas agrícolas.

Carvões desse tipo, de fundamental importância para estudos sobre a vegetação, o clima e mesmo a atividade humana em épocas passadas, são encontrados com frequência no Brasil, principalmente por pedólogos (especialistas no estudo dos solos), como Jean-Claude Leprun e José Carlos Pereira dos Santos que, em 1994, elaboraram um mapa com 543 localizações de carvões vegetais. As maiores concentrações situam-se em torno do Pantanal, ao longo do rio Amazo-

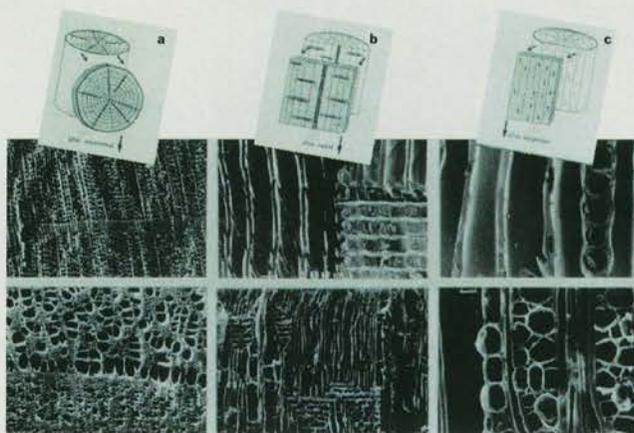


Figura 1. Esquema representativo dos diferentes planos anatômicos em relação ao tronco da árvore – transversal (A), longitudinal radial (B) e longitudinal tangencial (C) – e seu aspecto em microscopia eletrônica de varredura.

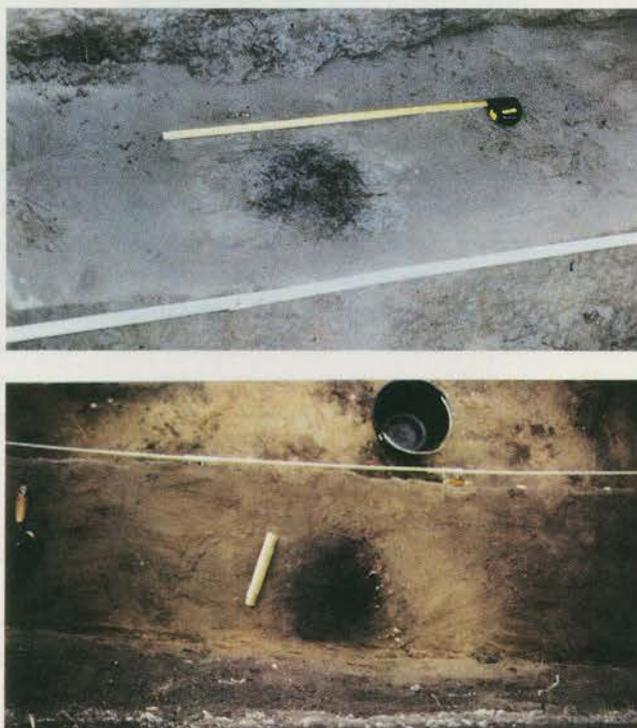


Figura 2. Marcas de fogueiras encontradas em escavações arqueológicas: (A) a 180 cm de profundidade, no sambaqui do Forte (Cabo Frio, RJ), e (B) a 110 cm de profundidade, no sambaqui Salinas-Peroano. Esses carvões concentrados fornecem informações paleoetnológicas.

nas, sobre a Chapada de Ubajara (entre Ceará e Piauí), nos maciços da Mata Atlântica no Espírito Santo e no litoral de Pernambuco, mas tais carvões podem

ser coletados em praticamente todo o território brasileiro.

Fragmentos de madeira carbonizada

ser coletados em praticamente todo o território brasileiro.

Os restos de madeira carbonizada retirados de sítios arqueológicos ou do solo podem ser datados através de análises sofisticadas, utilizando o carbono-14 e, a partir de técnicas simples, mas inovadoras, identificados graças a estudos anatômicos que são o domínio da antracologia (termo cunhado a partir da palavra grega *antrakos*, que significa carvão). Essa disciplina, praticamente inédita no Brasil, ocupa uma posição intermediária entre ciências naturais e humanas, o que implica um relacionamento muito próximo com outras ciências, como a arqueologia, a paleoetnografia (estudo das populações pré-históricas) e a paleoecologia (estudo da evolução do meio ambiente no tempo).

A identificação das espécies vegetais das quais os carvões provêm é feita a partir da anatomia da madeira, preservada nos fragmentos (figura 1). Com base nessa informação, podem ser feitas interpretações etnológicas, diretamente ligadas à arqueologia, ou paleoecológicas, como a reconstituição da vegetação e do clima passados, de gran-

testemunham a ocorrência, no passado, de incêndios naturais, que indicam períodos mais secos, em que a vegetação poderia incendiar-se espontaneamente com facilidade, ou incêndios provocados pelo homem, resultantes de queimadas intencionais ou não feitas por populações pré-históricas. O estudo desses resíduos, alguns com menos de um milímetro de comprimento, pode revelar o tipo de vegetação existente em determinado lugar há centenas ou milhares de anos.

Em sítios arqueológicos, a análise antracológica é particularmente útil se quisermos compreender as relações entre cultura e meio ambiente na pré-história. Essa informação interessa sobretudo aos arqueólogos. Ela pode fornecer duas perspectivas importantes para a arqueologia. A primeira, etnoarqueológica, indica os usos que uma população pré-histórica fazia da vegetação local, seja como combustível, para obter calor ou cozinhar alimentos, seja para confeccionar utensílios e construir habitações e barcos. A perspectiva paleoecológica estuda o tipo de vegetação existente em torno do sítio arqueológico e, a partir daí, procura saber como era o clima local no passado. Com base nesses dados, é possível compreender tanto as relações entre a população e o meio ambiente da época quanto ao impacto que a presença humana exerceu sobre a região através dos tempos.

Os restos de madeira encontrados em sítios arqueológicos refletem a relação entre as populações e seu meio ambiente vegetal num dado momento, mas a utilização

específica desta madeira pode adquirir sentido novo se ultrapassarmos o simples inventário de espécies e passarmos a interpretá-las num contexto paleoecológico particular. Conhecendo-se o tipo de madeira que as populações pré-históricas utilizavam, podemos saber que tipo de formação vegetal tais populações tinham à sua disposição e interpretar melhor o contexto ecológico e ambiental da época.

A análise antracológica compreende duas etapas: campo e laboratório. No campo, o trabalho do antracólogo consiste em registrar e analisar o modo de depósito dos carvões e coletá-los, o que deve ser feito de preferência simultaneamente à escavação arqueológica.

Para a análise paleoecológica dos carvões, é fundamental que provenham de uma utilização não-seletiva, como a doméstica, para obtenção de combustível. Quando usada com finalidades específicas, como a fabricação de utensílios, a madeira é previamente selecionada. Além disso, os carvões devem representar resíduos de uma atividade duradoura, já que a vegetação circundante será tanto melhor representada quanto maior tiver sido o número de coletas de lenha feitas durante o tempo de ocupação do sítio.

Os carvões podem se apresentar concentrados ou dispersos. Os primeiros (figura 2) são mais visíveis na escavação e freqüentemente se originam de fogos ou fogueiras que tiveram curta utilização no tempo, ou cujo local tenha sido limpo antes da última utilização. Por isso, seriam uma amostra pouco significativa da vegetação como um todo. Carvões concentrados fornecem dados quantitativos e qualitativos incompletos do ponto de vista paleoecológico. Quando relacionados a uma construção, a um objeto ou a uma atividade especializada, oferecem informações de caráter exclusivamente etnológico.

Por sua vez, os carvões dispersos, embora nem sempre visíveis (figura 3), podem revelar-se abundantes quando



Figura 3. Carvões dispersos encontrados no sambaqui Boca da Barra (Cabo Frio, RJ).



Figura 4. O perfil de coleta no sambaqui Salinas-Peroano revela nitidamente os diferentes níveis estratigráficos. A retirada de material em níveis artificiais de 10 cm cada permite a coleta de carvões dispersos. Selecionados, após peneiragem, esses carvões fornecem informações paleoecológicas.

o sedimento é peneirado. Provenientes de incêndios ou da limpeza sucessiva de fogões e fogueiras, esses fragmentos permitem uma interpretação paleoecológica mais adequada, com base na variação das freqüências relativas das diferentes espécies vegetais nos vários níveis de ocupação (figura 4).

De um modo geral, três métodos de amostragem são utilizados: coleta manual dos carvões com mais de cinco milímetros, peneiragem com água ou a seco dos sedimentos provenientes de escavação e flotação (figura 5), técnica que permite recuperar não só carvões como numerosos outros restos, úteis a outras disciplinas, que estudam sementes, conchas, ossos, microfauna etc. Numa situação ideal, a amostragem deve ser feita com peneiras de malha de quatro milímetros. O material peneirado com água ou submetido à flotação deve ser posto para secar longe de fontes de calor intenso para evitar fragmentação ou deterioração de sua estrutura anatômica, e só deve ser manipulado após secagem completa (figura 6).

Seja qual for o método empregado, deve-se obter o maior número de amostras possível para cada nível estratigráfico do sítio arqueológico, para que o estudo seja qualitativa e quantitativamente confiável. É fundamental coletar fragmentos de todos os tamanhos: a seleção das peças maiores ou mais bem conservadas acarretará erros de interpretação.

É muito importante que o antracólogo trabalhe em estreita colaboração com o arqueólogo para chegar a uma boa interpretação paleoecológica e etnoarqueo-



Figura 5. Equipamento de flotação. O material coletado no sítio arqueológico é depositado sobre uma peneira interior (malha de quatro milímetros), de modo que a submersão e o fluxo d'água eliminam o sedimento fino e provocam a flutuação dos fragmentos de carvão, recolhidos na pequena peneira colocada sob a saída da água. Esses fragmentos são posteriormente selecionados para separação de raízes e outros materiais flutuantes.



Figura 6. Triagem de carvões no material coletado no sambaqui Salinas-Peroano (Cabo Frio, RJ). Na extremidade da pinça, um dos fragmentos.

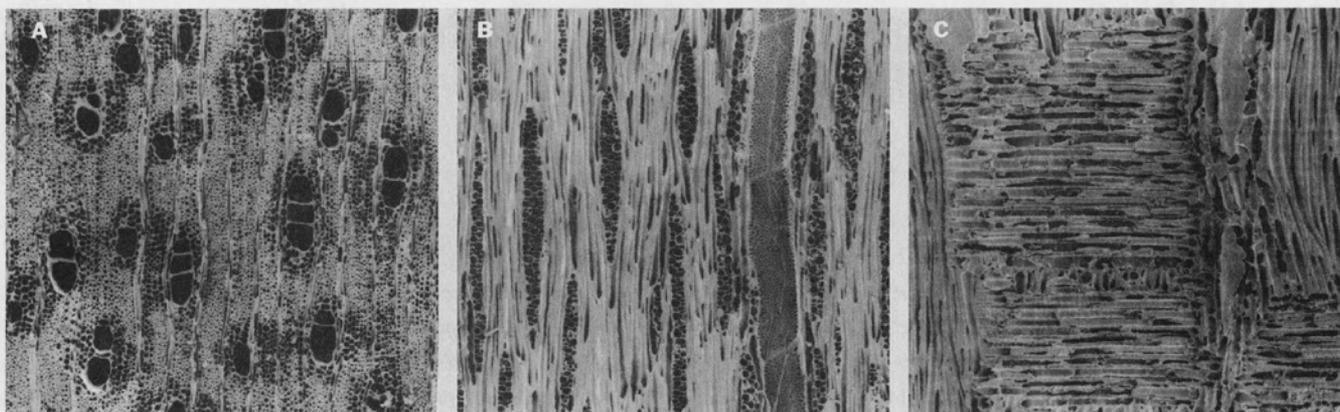
lógica do sítio. As amostragens devem ser feitas em função das diferentes estruturas reconhecidas ou sugeridas pelo arqueólogo, que escava sistematicamente e observa com precisão a origem do material. O estudo antracológico requer também a descrição da vegetação característica do sítio arqueológico, e a realização de uma coleta sistemática de amostras da madeira de árvores e arbustos existentes na região. Devem ser observados também o tipo de solo, os cursos d'água próximos, o grau de utili-

zação humana e outros aspectos.

No laboratório, a determinação botânica dos carvões é feita com base na estrutura anatômica da madeira, comparada a uma coleção de referência que contenha amostras atuais carbonizadas, ou descrições e fotografias de obras de referência. Os carvões são observados com microscópio óptico de luz refletida. Os fragmentos são partidos manualmente, em função do plano de orientação das fibras da madeira (são examinados os cortes transversal, longitudinal, tangencial e longitudinal-radial). O microscópio eletrônico de varredura também é muito usado, principalmente para representação fotográfica (figura 7).

Como as amostras não são submetidas a tratamento químico, pode-se obter, após a identificação da espécie, uma datação com carbono-14 do fragmento. Assim, o mesmo material pode fornecer duas informações preciosas para o arqueólogo: a idade absoluta do fragmento e indícios sobre a vegetação do sítio na época da sua ocupação.

Embora a identificação de espécies a partir do material carbonizado seja feita desde meados do século passado, o método então utilizado, a partir de lâminas finas, era lento e difícil. Só o advento do microscópio óptico de luz refletida permitiu a multiplicação das análises antracológicas, facilitando o estudo do carvão e propiciando o aparecimento da abordagem paleoecológica e de novas questões metodológicas. Hoje a identificação botânica dos carvões é possível até em fragmentos de 0,5 mm



FOTOS DE RITA SCHEEL

Figura 7. Imagem obtida em microscópio eletrônico de varredura (aumento de 140 vezes) dos três planos anatômicos de carvão de pau-brasil (*Caesalpinia echinata*, família das leguminosas): transversal (A), longitudinal tangencial (B) e longitudinal radial (C).

As mudanças no Mediterrâneo

Em 1987, os antracólogos Jean-Louis Vernet e Stéphanie Thiébaud publicaram artigo sintetizando estudos paleoecológicos de carvões pré-históricos coletados em diversos sítios arqueológicos do Sul da França, na região mediterrânea. Os resultados foram comparados com análises de pólenes fósseis. Segundo os autores, a principal característica da vegetação da região na última parte do período glacial (que terminou há 12 mil anos) foi a presença de uma associação de árvores e arbustos como a que existe atualmente nas montanhas vizinhas, predominando pinheiros-silvestres (*Pinus sylvestris*) e bétulas (*Betula verrucosa*), o que indica um clima de tipo continental com verões úmidos.

O estágio seguinte (12 mil a oito mil anos atrás) caracteri-

zou-se por florestas de estepes, contendo juníferos (gênero *Juniperus*), indicando a evolução do clima para mediterrâneo frio e semi-árido, com invernos rigorosos. No período entre oito mil e seis mil anos antes do presente, a vegetação caracterizava-se por florestas de carvalhos (*Quercus pubescens*), o que sugere um clima mais quente, do tipo mediterrâneo subúmido. Nos últimos seis mil anos, a crescente atividade humana degradou as florestas, compostas principalmente pelo pinheiro-de-alepo (*Pinus halpensis*), pelo buxo (*Buxus sempervivens*) e pelo carvalho-verde (*Quercus ilex*). O clima aparentemente não se alterou depois disso, mas o corte contínuo das florestas transformou a vegetação, tornando-a similar à encontrada hoje na costa mediterrânea, onde a aridez aparente é resultado da atividade humana.

de lado, especialmente no caso de coníferas.

Quase todos os trabalhos de antracologia publicados até o momento foram realizados em regiões de clima mediterrâneo e temperado, principalmente na Europa, onde a diversidade florística é consideravelmente menor do que a tropical (ver 'As mudanças no Mediterrâneo'). Nessas regiões, para obter uma imagem adequada da paleovegetação é preciso um mínimo de 250 a 400 carvões por camada arqueológica. Em regiões tropicais, porém, esse número mínimo só será definido no curso de pesquisas hoje em andamento.

Estudos envolvendo a análise, em

uma mesma área, de material arqueológico, antracológico e palinológico poderiam ser extremamente interessantes. A palinologia (estudo de grãos de pólen e esporos fossilizados), assim como a antracologia, permite uma excelente aproximação ecocronológica da flora e da vegetação passadas, isto é, da sucessão no tempo, das formações vegetais num dado lugar.

No momento, os estudos antracológicos em território brasileiro estão ainda em fase inicial. Existem trabalhos em andamento tanto sobre carvões coletados em sítios arqueológicos como nos solos, em particular na Universidade de Montpellier, França. A formação de pes-

quisadores no exterior tem por objetivo a introdução da antracologia nas instituições de pesquisa nacionais.

Rita Scheel

Laboratoire de Paléobotanique,
Environnement et Archéologie – França
Museu Nacional,
Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Maria Dulce Gaspar

Museu Nacional,
Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Jean-Pierre Ybert

Institut Français de Recherche
Scientifique pour le Développement en
Coopération (ORSTOM),
Departamento de Botânica,
Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Espuma ajuda a despoluir Tietê

Restos de detergentes concentram vários tipos de poluentes

A espuma do Rio Tietê, decorrente da grande quantidade de material poluente em suas águas, especialmente detergentes domésticos e industriais, há muito atinge a população de cidades ribeirinhas próximas a São Paulo e moradores das margens das represas urbanas. Uma das piores situações é a de Pirapora do Bom Jesus, a 50 km da capital, onde a espuma acumulada na superfície do rio alcança mais de um metro de altura. Carregada pelo vento, provoca manchas escuras nas casas e corrosão nos metais. Suspeita-se até que a espuma esteja ligada à ocorrência de dores de cabeça, náuseas e perda de apetite, queixas comuns da população. Além disso, ela altera a paisagem e causa mau cheiro.

Recentemente, no entanto, ao estudar a composição

química da espuma, técnicos da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (Cetesb) descobriram um lado promissor: ela concentra elementos poluentes, como metais (cobre, zinco, níquel, chumbo), bactérias (principalmente coliformes fecais), óleos e gorduras. Assim, a retirada da espuma – meta nunca enfrentada a sério – poderá contribuir substancialmente para despoluir as águas. Tudo depende do sucesso do Projeto de Recuperação de Ecossistemas Aquáticos, da Cetesb, que pretende retirar a espuma do rio com equipamento desenvolvido pela própria empresa de saneamento, em conjunto com a Eletropaulo.

A espuma acumula-se desde meados dos anos 70, principalmente em consequência da grande quantidade de de-

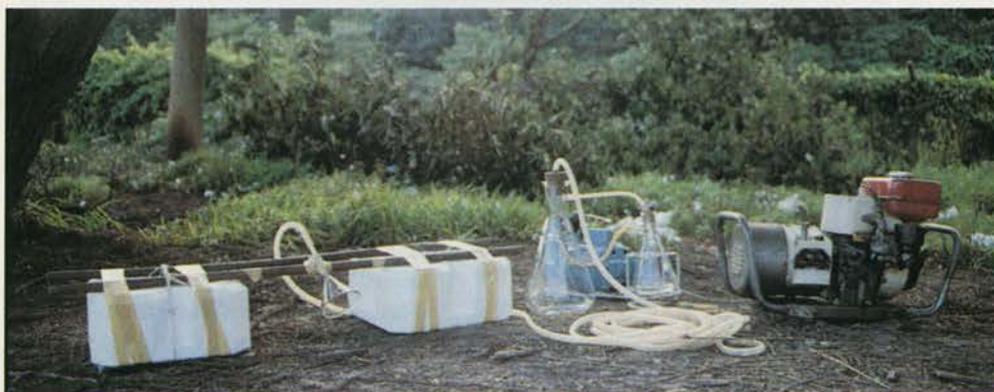
tergente que chega ao rio, pelos esgotos doméstico e industrial, sem tratamento. Na época, os detergentes produzidos no país não eram biodegradáveis. Embora as indústrias nacionais já fabriquem produtos biodegradáveis desde 1983, a espuma não foi eliminada, pois a queda da qualidade da água, pobre em oxigênio, não permite que as bactérias degradem os poluentes.

A idéia de estudar a espuma do Tietê nasceu durante curso de química analítica na Universidade de Campinas. Os biólogos Geraldo Eysink e Edmar Hatamura, da Cetesb, que participavam do curso, deveriam apresentar um projeto de análise de água. Com base na informação de que os donos de aquários usam a espuma para retirar o excesso de alimento da água,

os dois pesquisadores decidiram analisar os compostos carregados na espuma do rio. Como já era esperado, detectaram duas mil vezes mais detergente na espuma do que na água. “Surpreendente foi constatar, na espuma, uma concentração de metais pesados, coliformes fecais, óleos e graxas muito mais elevada do que na água”, relata Hatamura, coordenador do projeto.

Para Hatamura, o mais grave é que os elementos transportados pela espuma podem se acumular na cadeia alimentar, atingindo a população que consome peixes contaminados pela poluição do rio. Os biólogos verificaram, também, que na espuma havia traços de metais – como o cádmio – que ainda não haviam sido encontrados em análises do Tietê. Embora não tenham sido detectados na água em consequência da baixa concentração, sua presença na espuma comprova que estão poluindo o rio.

Apesar da falta de dados sobre a análise dos componentes orgânicos, que confirmariam a presença de compostos tóxicos como pesticidas, já há indícios de que esses elementos também se concentram na espuma. Testes realizados pelo método Microtox (que analisa o grau de toxicidade da água medindo a quantidade de luz emitida por bactérias luminescentes) mostraram que o índice de toxicidade da espuma é 100 vezes maior que o da água. “Essa toxicidade só é detectada em efluentes industriais”, diz Eysink.



Protótipo do equipamento desenvolvido pela Cetesb para retirar flocos de espuma acumulados no Rio Tietê. O funil flutua sobre a água sustentado por duas placas de isopor, que servem também de anteparo para a espuma. O material coletado por sucção de uma bomba de vácuo deposita-se no primeiro frasco. O segundo serve como dispositivo de segurança, impedindo que a espuma atinja a bomba de vácuo.

FOTO GERALDO EYSINK



Canhões de água instalados pela Eletropaulo na região de Pirapora do Bom Jesus para desestabilizar a espuma do Tietê.

FOTO GERALDO EYSINK



Enormes flocos de espuma carregando poluentes descem o Rio Tietê, após a barragem de Pirapora do Bom Jesus.

Um dos fatores que provocam esse nível de toxicidade detectado na espuma pode ser o chamado 'efeito sinérgico', resultante da ação conjunta de substâncias químicas ou de compostos orgânicos não-identificados. A grande preocupação da Cetesb é com a população ribeirinha que, atingida pela espuma carregada pelos ventos, fica exposta ao contato com bactérias, metais pesados e substâncias altamente tóxicas.

Após analisar a composição da espuma, os técnicos buscam agora medir o volume do material produzido diariamente na região de Pirapora do Bom Jesus. Dados preliminares apontam um volume médio de 25 m³ de espuma por segundo, o que equivale a 50 litros de poluentes. A determinação do volume de espuma produzido permitirá que a Cetesb dimensione adequadamente o aparelho, que vem desenvolvendo para a retirada do material, e conhe-

ça o percentual dos poluentes extraídos da água. Os pesquisadores deverão, em seguida, avaliar as alternativas de tratamento da espuma. Uma delas seria a incineração, outra o bombeamento dos resíduos para uma estação de tratamento de esgoto. O prof. Wilson de Figueiredo Jardim, da Unicamp, vem realizando testes para tratá-la com radiação ultravioleta.

Independente de sua eficácia, o projeto vem recebendo críticas. A principal delas questiona sua real necessidade, já que o Projeto Tietê, concebido pelo governo paulista e iniciado há quatro anos, prevê a despoluição do rio. "Enquanto o Tietê não for totalmente despoluído, outros meios podem minimizar os efeitos da poluição sobre as populações ribeirinhas", contra-argumenta Eysink, para quem a retirada da espuma é uma alternativa absolutamente factível.

Os pesquisadores afirmam que a despoluição do rio pela retirada da espuma reduziria o aporte de poluentes, sobretudo os metais pesados em áreas de pesca intensiva, como a represa de Barra Bonita, onde são recolhidas mais de 300 toneladas de peixe por ano. "Retirando a espuma, evita-se que essas substâncias atinjam os peixes e se acumulem na cadeia alimentar", lembra o coordenador do projeto.

Os sucessivos atrasos do Programa de Despoluição do Tietê afetam as três frentes da etapa inicial do projeto: obras de coleta e tratamento de es-

gotos, a cargo da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp); obras de rebaixamento da calha do Tietê e canalização de córregos, pelo Departamento de Água e Energia Elétrica; e controle da emissão dos efluentes das 1.250 indústrias mais poluidoras da capital, sob responsabilidade da Cetesb. Apenas esta última está próxima do seu objetivo: em agosto de 1995, 1.170 indústrias poluidoras já eram monitoradas pela Companhia.

O grande vilão continua sendo o esgoto doméstico da região metropolitana de São Paulo, cuja maior parte vai parar no Tietê sem qualquer tratamento. Dos 34 m³ de esgoto doméstico gerados por segundo, somente 6,6 m³ são tratados. Essa parte do projeto, que cabe à Sabesp, sequer foi implantada. "Trata-se de projeto de longo prazo", afirma José Carlos Leite, superintendente do Projeto Tietê na Sabesp.

Enquanto se aguarda uma solução efetiva, jatos de água são usados para reduzir, por dispersão, o volume de espuma. Desenvolvida pela Cetesb em 1985 e executada pela Eletropaulo, a ação está longe de resolver o problema. Ela apenas 'abate' a espuma, evitando que seja levada pelo vento e alcance as cidades. Esse processo, no entanto, faz os poluentes retornarem às águas do rio.

Ricardo Zorzetto

Ciência Hoje/São Paulo.

Caldas Novas sob ameaça

Barragem e poços artesianos podem esfriar águas da famosa estação termal

As águas quentes que levam 1,5 milhão de turistas/ano à cidade de Caldas Novas, em Goiás, correm o risco de esfriar. A estação termal, a 180 km de Goiânia, estaria ameaçada pela usina hidrelétrica em construção no Rio Corumbá e pela perfuração indiscriminada de poços artesianos na região. A barragem e os poços, segundo o pesquisador indiano Valiya Hamza, do Departamento de Geofísica do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, podem alterar o sistema termal e acabar com as águas que encantaram o naturalista francês Auguste Saint-Hilaire quando passou por Goiás, no século XVIII.

Segundo Hamza, a usina de Corumbá-1, situada 30 km ao sul de Caldas Novas e destinada a fornecer energia

para Brasília, formará uma represa de águas frias com área total de cerca de 80 km². Parte dessas águas, diz o pesquisador, migrariam pelo subsolo, 'contaminando' os pontos onde se concentram as águas quentes e causando seu resfriamento. Hamza esclarece que a falta de informações detalhadas ainda impede uma avaliação quantitativa dessa migração, mas alerta que o tempo necessário para o resfriamento dependerá da permeabilidade e das interligações das fraturas e falhas geológicas locais. Pode ser inferior a um ano, caso existam caminhos diretos de alta permeabilidade, ou superior a 30 anos, se as fraturas geológicas forem de baixa permeabilidade.

O hidrogeólogo Aldo Rebouças, da Universidade de

São Paulo (USP), no entanto, contesta a possibilidade de resfriamento das águas pela construção da barragem. "Essa hipótese é inconsistente", afirma Rebouças, pesquisador do Instituto de Estudos Avançados da USP e consultor do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) desde 1991, quando foi realizado o primeiro estudo sobre os recursos termais de Caldas Novas. Segundo ele, a barragem situa-se em nível mais baixo do que a estação termal, o que impede a migração das águas da primeira para a segunda.

Rebouças admite a possibilidade de esgotamento das águas quentes, no futuro, mas aponta como responsáveis pelo fenômeno o péssimo gerenciamento do manancial e a perfuração indiscriminada de poços artesianos pela rede hoteleira. "Nos últimos anos, foram construídos quase 300 poços na região", lamenta o hidrogeólogo. Ele alerta para a necessidade urgente de gerenciamento das águas térmicas, por meio de legislação adequada, não só em Caldas Novas mas em todo o país. Ele ressalta que inúmeras fontes de águas quentes existentes ao longo do Rio Caldas secaram nos últimos anos, depois que a indústria do turismo passou a perfurar poços cada vez mais profundos. Para

encontrar águas quentes, é necessário, em Caldas Novas, perfurar 100 m, no mínimo.

Rebouças, que acompanha o processo de esfriamento das águas desde 1991, comprovou uma inversão no fluxo das águas subterrâneas. As fontes quentes do córrego Caldas jorravam por pressão, mas se esgotaram à medida que a pressão inversa dos poços perfurados tornou-se mais forte. O córrego Caldas é afluente do Rio Corumbá e nasce ao pé da montanha próxima à cidade. Os poços rebaixaram os níveis de pressão, causando a inversão: o nível da água fria acabou ficando mais alto do que o do lençol de águas quentes. O pesquisador garante que a água vai esfriar se a exploração indiscriminada não for contida. Para evitar isso, os órgãos ambientais de Goiás estão se mobilizando, junto com a prefeitura local, para impedir novas perfurações.

Embora a empresa Centrais Elétricas de Furnas, responsável pela construção da hidrelétrica de Corumbá, e o DNPM mantenham convênio visando a troca de informações sobre as condições da bacia de Caldas Novas, o presidente da Fundação Estadual do Meio Ambiente de Goiás, Clarimundo Pereira Júnior, garante que só autorizará o funcionamento da barragem após

As águas termais

O surgimento de águas termais na superfície depende da concentração e da profundidade alcançadas, no subsolo, pela água das chuvas e dos rios. Ao penetrar em regiões profundas da Terra, mais quentes, essas águas são aquecidas. Seu retorno à superfície ocorre quando há falhas e fraturas geológicas que facilitam sua passagem pelas rochas. Para Valiya Hamza, a ocorrência das águas termais na região de Caldas Novas é explicada justamente pelos tipos de fraturas existentes no local e por sua topografia. A maior ocorrência de águas quentes se dá na Pousada do Rio Quente, no início da Serra de Caldas, onde a vazão é de 6.000 m³ por hora, a temperaturas que variam entre 32°C e 40°C. Outras fontes, ao longo da serra e até na área urbana, também são exploradas.

esgotar todo tipo de consulta a técnicos e à população local.

Apesar da divergência quanto à causa do resfriamento das águas, Rebouças e Hamza concordam em um ponto: a necessidade de um

levantamento técnico-científico de toda a bacia de Caldas, incluindo a instalação de medidores de temperatura nos pontos mais importantes do balneário. Rebouças argumenta que só será possível disci-

plinar o uso dos recursos termais conhecendo-se a bacia em todos os detalhes. Hamza, por sua vez, defende a imediata instalação de um sistema que monitore diariamente a pressão e a temperatura das

fontes, para avaliar de modo preciso o comportamento das águas quentes de Caldas Novas.

Elza Pires

Ciência Hoje/Brasília.

Síndromes infantis detectadas mais cedo

Técnica genética permite identificar e tratar de forma precoce as crianças afetadas

As síndromes de Prader-Willi e Angelman, doenças genéticas que afetam crianças, já podem ser diagnosticadas precocemente no Serviço de Aconselhamento Genético do Departamento de Biologia da Universidade de São Paulo (USP). Causadas por um defeito genético no braço longo do cromossomo-15 e com incidência de aproximadamente um caso a cada 20 mil nascimentos, as síndromes são estudadas há quatro anos pelo grupo da USP. Do ponto de vista clínico, tais estudos permitiram adotar medidas preventivas que reduzem o impacto dessas anomalias genéticas em seus portadores. Do ponto de vista científico, os pesquisadores puderam se aprofundar em um tema atual da genética molecular: o *imprinting* genômico, mecanismo genético ligado à origem dessas doenças e ainda mal conhecido.

O diagnóstico clínico nem sempre é eficiente no caso das síndromes de origem ge-

nética. Elas são tantas e, em alguns casos, tão parecidas, que acabam induzindo os médicos a erro. Os pacientes têm que 'peregrinar' por diferentes especialidades médicas em busca de um diagnóstico 'melhor', que em geral não se consegue ou só é obtido tardiamente. Recentemente, no entanto, técnicas citogenéticas e moleculares tornaram mais preciso o diagnóstico clínico de algumas doenças, antecipando os resultados e permitindo a adoção de medidas que minimizem o sofrimento dos pacientes.

No caso das síndromes de Prader-Willi e Angelman, a principal dificuldade para o diagnóstico é a presença de poucos sintomas nas crianças afetadas. "Os portadores exibem inicialmente flacidez muscular, o que dificulta, por exemplo, a sucção do leite materno", revela Cintia Fridman, autora do estudo realizado na USP. Os sintomas são percebidos mais tarde, pois as crianças afetadas têm



Pinturas do final do século XVII, do artista Juan Carrero de Miranda. Pelas características físicas das crianças retratadas, deduz-se que são portadoras da síndrome de Prader-Willi.

dificuldade para sentar, andar e falar.

Em alguns casos, os pais só procuram ajuda médica quando o filho, por volta dos dois anos, apresenta apetite voraz e compulsivo, mas desistem diante das dificuldades para obter diagnóstico preciso e atendimento especializado. "Novas tentativas de tratamento são adiadas para a adolescência do paciente", relata. Em consequência, crianças com síndrome de Prader-Willi tornam-se adolescentes obesos e podem apresentar problemas respiratórios e car-

díacos, além de distúrbios de comportamento, como teimosia e agressividade. "Com o diagnóstico precoce, a mudança de comportamento alimentar pode reduzir os efeitos da doença na adolescência", diz a pesquisadora.

A situação não é diferente na síndrome de Angelman. "Apesar de descrita desde 1965, a doença só começou a ser diagnosticada no Brasil a partir de 1991, quando o grupo da USP iniciou trabalhos sobre o tema e passou a acompanhar famílias com parentes afetados", conta Célia.

O mecanismo de marcação do DNA

As síndromes de Prader-Willi e Angelman são causadas pela perda de um pequeno pedaço de DNA em uma região (15q11-13) do braço longo do cromossomo-15. Estudos em desenvolvimento na Europa e EUA buscam identificar os genes causadores das síndromes, ainda sem êxito. Sabe-se, porém, que os genes envolvidos, embora situados na mesma região cromossômica, expressam-se de maneira diferente caso sejam herdados do pai ou da mãe. Acredita-se que, durante a formação dos gametas femininos e masculinos, no processo de meiose, ocorra a 'marcação genética' (*imprinting* genômico) de certas regiões do DNA, alterando a capacidade de expressão dos genes ali presentes. Mecanismos moleculares como a metilação do DNA, a configuração e a condensação da cromatina são candidatos a explicar como ocorreriam essas 'marcações'.

No caso da síndrome de Prader-Willi, por exemplo, a

ausência de um segmento cromossômico da região 15q11-13 no cromossomo herdado do pai não seria compensada pela presença desse mesmo segmento no cromossomo da mãe, acarretando essa síndrome. Por um processo de 'marcação' diferenciada, os genes paternos dessa região seriam 'ativos' e os maternos 'inativos'. Na síndrome de Angelman ocorreria o inverso: os genes maternos do mesmo segmento seriam 'ativos' e sua ausência não seria compensada pela presença dos genes paternos, gerando essa doença.

Como a ausência de um segmento do cromossomo ou presença de dois cromossomos-15, provenientes de um mesmo progenitor, depende do acaso, a probabilidade de recorrência de casos numa mesma família é muito baixa. Em poucas famílias, o risco de recorrência pode ser de 50%, considerado alto. Acredita-se que nesses casos a mutação possa estar presente no próprio sistema de *imprinting* genômico.

Koiffmann, coordenadora do laboratório onde foi feito o estudo. Da mesma forma que as crianças afetadas pela síndrome de Prader-Willi, as portadoras da síndrome de Angelman não têm sintomas graves ao nascer. Mas os bebês, aparentemente normais, logo revelam atraso no desenvolvimento neuropsicomotor. Por volta de um ano, o quadro se agrava, po-

dendo aparecer convulsões. As crianças adquirem uma feição constantemente risinha e os acessos de riso são comuns. Por ter retardo mental acentuado e não falar, a criança com síndrome de Angelman é freqüentemente diagnosticada como autista ou portadora de retardo mental inespecífico ou paralisia cerebral. Segundo Cintia Fridman, se acompanhada ade-

quadamente, ela apresenta melhora e responde aos estímulos.

A meta dos pesquisadores da USP é aperfeiçoar o diagnóstico clínico e laboratorial das duas síndromes e oferecer aos portadores programas específicos de tratamento. Dado o primeiro passo para antecipar e aprimorar o diagnóstico, o objetivo atual é torná-lo acessível à popu-

lação. Com a divulgação dos primeiros resultados, o Serviço de Aconselhamento Genético da USP, que acompanha cerca de 60 crianças afetadas pelas síndromes de Prader-Willi e Angelman, espera despertar a atenção de médicos, pais e professores para as características das doenças.

Vera Rita Costa

Ciência Hoje / São Paulo.

Decifrando a estrutura das proteínas

UFRJ terá centro de ressonância magnética nuclear para pesquisas bioquímicas

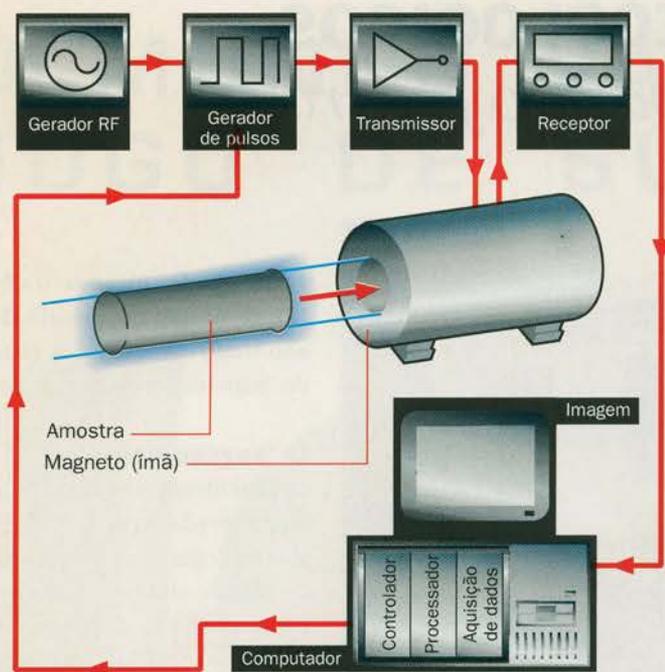
Até o final do ano, será instalado na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) o primeiro centro brasileiro de ressonância magnética nuclear (RMN) para estudos es-

truturais de proteínas. O centro terá um equipamento de RMN de 600 megahertz, um dos mais potentes da América Latina, e outro de 400 megahertz. O uso da ressonân-

cia magnética auxiliará no desenvolvimento de drogas e soros contra vírus, bactérias e venenos de cobras, aranhas e escorpiões, além de fornecer subsídios para obtenção

e controle de vacinas, entre outras aplicações.

A RMN e a cristalografia são os únicos métodos capazes de revelar a estrutura de uma proteína. Na avalia-

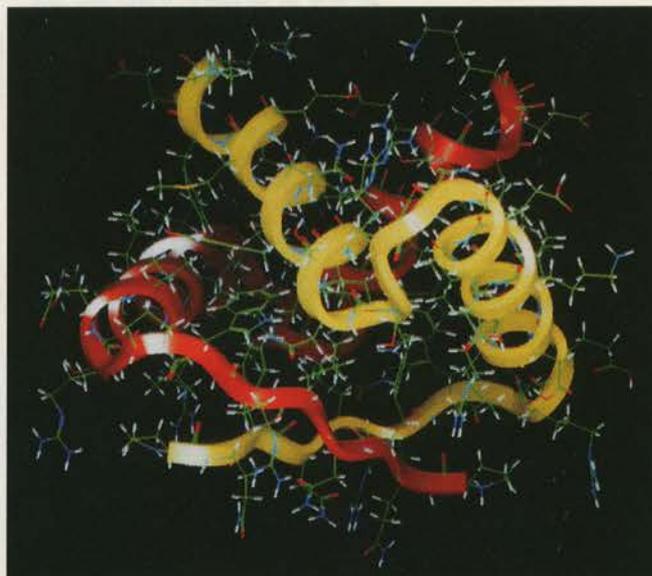


A amostra de proteína é colocada no equipamento de RMN. Os prótons da molécula têm campo magnético próprio, mas alinham-se com o forte campo magnético do aparelho. É dado um pulso de radiação (600 megahertz, no caso do equipamento da UFRJ) e os prótons, ao absorver tal radiação, desorientam-se em relação ao campo magnético do equipamento. Quando voltam a alinhar-se, emitem sinais, chamados ressonâncias, registrados por um detector. Conforme sua posição na molécula, cada próton emite ressonância em uma faixa específica, como se fosse sua 'impressão digital'. O pesquisador, auxiliado por modernos programas de computador, identifica esses sinais e a partir deles 'monta' a estrutura da molécula.

ção de Jerson Lima da Silva, chefe do Departamento de Bioquímica da UFRJ e coordenador do projeto de implantação do novo centro, ambos apresentam vantagens e desvantagens. "A cristalografia só pode ser feita em proteínas que formam cristais e, em alguns casos, a má qualidade dos dados fornecidos não permite que se compreenda sua estrutura", explica. Outra desvantagem dessa técnica, segundo Silva, é a necessidade de se trabalhar com a proteína em estado diferente do que ela assume normalmente. "Há meios de fazer

com que a proteína continue ativa mesmo cristalizada, mas a ressonância magnética permite trabalhar com a proteína *in natura*", completa.

Os dados obtidos através da RMN permitem ainda compreender a atividade biológica de uma proteína, determinada pelas interações entre seus átomos. "Essas interações não são percebidas na leitura por difração de raios X, feita após a cristalização da proteína", diz o bioquímico. Uma vantagem da cristalografia é permitir a análise de proteínas de qualquer tamanho, enquanto a RMN só



Estrutura, obtida por ressonância magnética nuclear, da proteína repressora ARC, que controla o ciclo vital do vírus p22.

pode ser usada para moléculas pequenas, com massa molecular de no máximo 25 kdaltons (1 kdalton equivale a $1,6 \times 10^{-21}$ g). "A proteína da cápsula de um vírus já atinge esse valor", exemplifica. "Para contornar o problema, pode-se usar um artifício: partir a molécula em pedaços, obter a estrutura de cada parte e montar em seguida o quebra-cabeça", ensina.

Participam do projeto 28 pesquisadores seniores e vários outros jovens cientistas de diferentes setores da UFRJ, entre eles o Departamento de Bioquímica, o Instituto de Microbiologia, o Instituto de Biofísica, o Núcleo de Pesquisa de Produtos Naturais (que já tem um equipamento de RMN de 200 megahertz) e o Instituto de Química. Também colaboram com o projeto cientistas estrangeiros de prestígio internacional: Richard Ernst, da Escola Politécnica Fe-

deral de Zurique (Suíça), Prêmio Nobel de Medicina de 1991 por seus trabalhos com RMN; John Markley, do Centro de Ressonância Magnética de Madison (EUA); Jiri Jones, da Universidade de Illinois (EUA); e Robert Kaptein, da Universidade de Utrecht (Holanda). Dentro desse espírito, o centro estará à disposição de outros grupos de pesquisa do Brasil e da América Latina.

O centro custará US\$ 1,6 milhão, obtidos através de convênio entre o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Ministério da Ciência e Tecnologia) e o Banco Mundial. Como contrapartida, a UFRJ cederá o espaço necessário à instalação do centro e cuidará de sua administração.

Luisa Massarani

Ciência Hoje / Rio de Janeiro.

CIMENTOS ECOLÓGICOS

alternativas para o futuro

Na lista dos recursos mais usados pela humanidade, o cimento Portland ou tradicional ocupa a segunda colocação, só perdendo para a imbatível água potável. Mas essa posição privilegiada não é definitiva: aumenta em todo o mundo o uso de estruturas metálicas na construção civil e, além disso, ampliam-se as pesquisas sobre 'novos cimentos'. No Brasil, o Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) investe em dois potenciais concorrentes do cimento Portland: o 'cimento natural' e o 'supercimento'.

Ainda em fase de desenvolvimento, os dois produtos já apresentaram, em laboratório, qualidades similares às do cimento tradicional. O provável menor custo de produção é um dos principais argumentos em defesa dos novos materiais, mas outro fator importante é sua contribuição para a preservação ambiental. Não pesam sobre os cimentos alternativos as acusações de grandes gastos energéticos e de extração intensiva das jazidas de calcário e argila feitas ao produto tradicional.

A busca de alternativas ao cimento Portland não é novidade entre tecnólogos. Em simpósio internacional sobre o tema, na Ucrânia, em 1994, o número de trabalhos apresentados – inclusive brasileiros – e o interesse pelo tema



Figura 1. Casa popular, feita com painéis pré-moldados de 'supercimento' formado pela mistura de escória de alto-forno, areia, gipsita, cal-hidratada e fibra de coco, construída no bairro de Vila Nova Cachoeirinha, SP.

indicaram que essa busca é uma tendência mundial e crescente. Como o cimento tornou-se, ao longo deste século, o principal insumo da construção civil, com uma produção anual estimada em mais de um bilhão de toneladas, não faltam justificativas para tanto interesse.

No Brasil, hoje o décimo maior produtor mundial, são fabricadas em torno de 26 milhões de toneladas de cimento Portland por ano. Essa produção equivale a cerca de 1% do Produto Interno Bruto (PIB). A dependência em relação ao cimento é agravada pelo controle da produção do insumo por poucos e grandes grupos, que acabam ditando regras ao mercado.

"A relevância técnica, econômica e mais recentemente ecológica do cimento tornou

fundamental a procura de aglomerantes alternativos", confirma Cláudio Sbrighi Neto, pesquisador do Agrupamento de Materiais de Construção Civil do IPT. Segundo Sbrighi Neto, que apresentou, no encontro na Ucrânia, a proposta brasileira do 'cimento natural', os países do Leste europeu dão atualmente a medida da importância dessa pesquisa.

Limitados pelos grandes investimentos necessários para a implantação de uma fábrica de cimento tradicional – cerca de US\$ 150 milhões –, os países da ex-União Soviética preferiram apostar em novas tecnologias. Criaram um cimento que utiliza silicato de sódio adicionado à escória, resíduo da produção de ferro-gusa em siderúrgicas, e apresenta resistência mecânica su-

perior à do insumo tradicional. O uso da escória de alto-forno também é a base do 'supercimento' brasileiro.

O 'SUPERCIMENTO'

Desenvolvida nos anos 50 e já patenteada em vários países, a tecnologia do cimento de escória de alto-forno não era conhecida em detalhes no Brasil: os tecnólogos da área sabiam que o silicato de sódio era usado na mistura, mas não sabiam, por exemplo, as proporções de cada componente. "Foram 15 anos de pesquisas, mas chegamos a uma tecnologia nacional", diz Vanderley John, da Escola Politécnica da USP, um dos participantes do projeto do 'supercimento'.

Em tese de doutorado sobre o 'supercimento' defendida na Politécnica, John aponta as propriedades do aglomerante e as relaciona às possíveis aplicações na construção civil. "A tecnologia que estamos criando permite formular o cimento segundo a necessidade do usuário. Se o cliente quer um cimento com grande resistência mecânica, para suportar carga, ou outro que seque rapidamente, ou um terceiro, que apresente baixa resistência inicial e alta resistência final, é possível satisfazê-lo mudando a composição química do reagente, o silicato de sódio", garante o pesquisador.

Enquanto o cimento tradicional depende da descoberta e da exploração de jazidas de suas matérias-primas, o 'supercimento' é produzido basicamente a partir do principal resíduo da produção do ferro. A cada tonelada de ferro-gusa produzida no Brasil, sobram cerca de 300 kg de escória. A produção de ferro do país, em um ano, resulta em 7,5 milhões de toneladas, em média, desse resíduo. Uma terça parte desse volume é comprada pela indústria cimenteira e incorporada, com vantagens técnicas e econômicas, ao próprio cimento Portland. Já as quase cinco milhões de toneladas restantes têm destino pouco ecológico: acumulam-se em montanhas próximas às áreas de produção ou são despejadas em aterros e em mangues. Uma parte muito pequena é aproveitada por algumas prefeituras para pavimentar ruas.

A expectativa da equipe do IPT que trabalha com aglomerantes alternativos é poder transformar esse 'lixo' em produto nobre. Uma das possibilidades é usar o 'supercimento' na construção de casas populares, mas isso ainda depende da criação de incentivos oficiais para a reciclagem de resíduos e da conclusão do desenvolvimento tecnológico do produto. Essa proposta concilia as soluções de um problema ambiental (o excesso de escória) e de uma grave questão social (a falta de moradia).

O IPT desenvolve outros tipos de cimento a partir da tecnologia baseada na escória de ferro-gusa. Um dos proje-

tos, financiado em parte pelo governo do Canadá, utiliza fibras de coco, além de escória, areia, cal-hidratada e gipsita moídas. Painéis produzidos com esse cimento mostraram resistência a impactos e durabilidade superiores às obtidas com o cimento Portland. Por seu custo baixo e suas características físicas, o cimento de escória e fibra de coco é especialmente indicado para construção de casas populares (figura 1). Por isso, o IPT já está transferindo a tecnologia para a Companhia Metropolitana de Habitação de São Paulo (Cohab), visando a construção de moradias em Santos (SP).

Outro projeto em estudo no IPT é o de produção de cimento reforçado com fibra de vidro, patrocinado por duas grandes siderúrgicas e um fabricante de fibra de vidro. O produto, segundo Vanderley John, será novidade no mercado: "Não existem projetos

semelhantes em outros países", revela. Além do IPT, também participa desse projeto a Escola Politécnica da USP.

O investimento inicial e os custos de produção do 'supercimento' tornam ainda mais viável seu uso na construção civil. "A instalação de uma fábrica de cimento Portland exige quase US\$ 150 milhões, enquanto uma de 'supercimento', com escala de produção semelhante, sairia por menos de US\$ 5 milhões", argumenta John. Quanto ao custo de produção, ele acrescenta que o calcário e a argila usados na fabricação do produto tradicional precisam ser moídos e aquecidos, em fornos com mais de 40 m de altura, a cerca de 1.500 °C, o que consome enorme quantidade de energia (até 2 mil kcal/kg de cimento produzido). Além disso, o produto que sai do forno ainda precisa ser novamente moído e

misturado à gipsita. No caso do cimento de escória, compara o pesquisador, não é preciso encontrar e explorar jazidas, nem moer e aquecer as matérias-primas (figura 2).

O 'CIMENTO NATURAL'

Enquanto as pesquisas com o 'supercimento' seguem caminhos em parte conhecidos em outros países, a concepção do 'cimento natural' é genuinamente nacional. A idéia surgiu na década passada, quando o pesquisador Cláudio Sbrighi Neto, então trabalhando na prospecção de petróleo, observou que certas rochas naturais eram extremamente compactadas (cimentadas). Ele resolveu pesquisar o assunto, partindo de uma pergunta simples: "Se a natureza faz cimentos de boa qualidade, em condições de baixa pressão e baixa temperatura, por que não estudar o método e reproduzi-lo em laboratório?"

A idéia consumiu 10 anos de estudos e exigiu a supera-

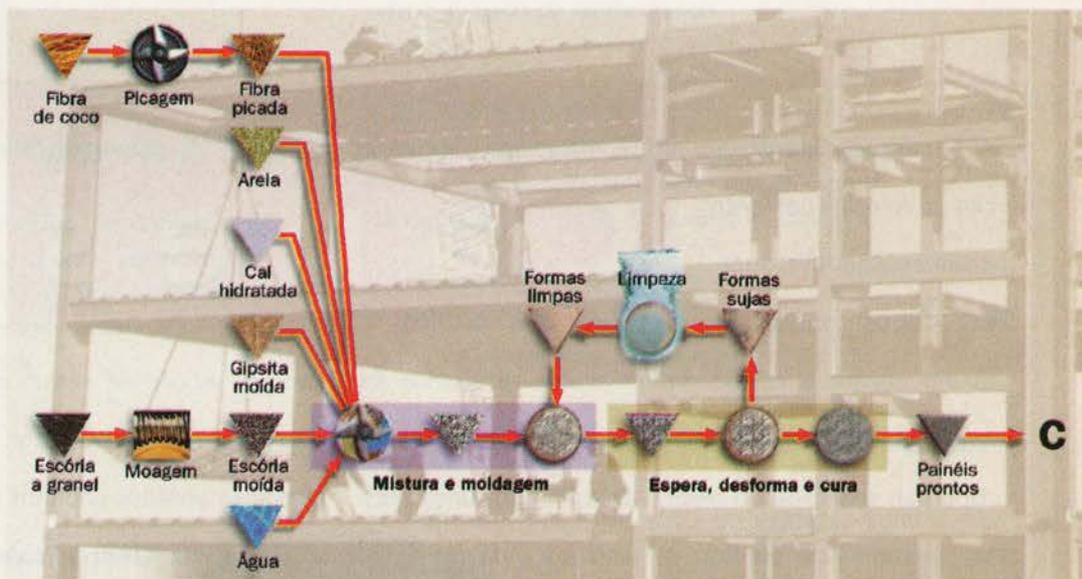


Figura 2. Esquema de produção do 'supercimento com fibra de coco'. A ausência das fases de moagem e aquecimento das matérias-primas reduz os custos de fabricação do novo cimento.

ção de inúmeras dificuldades. A primeira foi compreender a fundo como os grãos minerais se unem para formar as rochas sedimentares e as crostas duras, fenômeno denominado litificação. Depois, a pesquisa identificou as 'colas naturais' envolvidas no processo, estudou seu comportamento e procurou agentes químicos capazes de acelerar a ação cimentante de tais substâncias.

No caso das rochas sedimentares, uma das 'colas' mais importantes é a sílica coloidal (figura 3), escolhida para participar do 'cimento natural'. Como a cimentação, na natureza, pode levar milhões de anos, a reprodução do processo em laboratório "dependia do uso de algum catalisador", explica Sbrighi Neto. Tais 'ativadores', ou aceleradores do processo, foram identificados, mas os pesquisadores verificaram que também precisavam de substâncias 'nucleadoras', para ajudar na cristalização



Figura 3. Fotomicrografia (aumento de 38 vezes) do cimento natural, com uso do corante azuloracet. Os testes em laboratório mostraram a ação cimentante da sílica coloidal (em azul claro) sobre a areia (em amarelo).

da sílica. Vencidas todas essas etapas, as primeiras amostras do 'cimento natural' obtidas em laboratório ainda tinham que ser submetidas a testes de resistência.

A receita do concreto feito de 'cimento natural' é extremamente simples: basta misturar os agregados (sedimentos), a sílica coloidal (em grande proporção) e uma mistura do 'ativador' e do 'nucleador'

(em pequena parcela). A massa obtida vai para um molde e, como uma estrutura pré-fabricada, é aquecida a 70°C. Para Sbrighi Neto, as vantagens, em relação ao cimento Portland, são evidentes: "não há a fase de produção do clínquer, que exige aquecimento a quase 1.500°C, e nem a de moagem, com economia energética de até 50% por quilo de cimento produzido

em laboratório". Em escala industrial, segundo o pesquisador, a economia seria ainda maior. Ele destaca que, no preparo do cimento natural, não há moagem de calcário, o que evita a geração de poeira, reduzindo a ocorrência de doenças respiratórias causadas pelo pó em suspensão.

Por enquanto, o 'cimento natural', por depender de secagem térmica, é indicado apenas para a fabricação de peças pré-moldadas, como vigas e lajes. A expectativa, no entanto, é de que o desenvolvimento tecnológico do produto amplie as possibilidades de aplicação na construção civil. A chegada ao mercado desse cimento alternativo, já aprovado em laboratório, depende apenas de parcerias que permitam a continuação das pesquisas.

*Ricardo Zorzetto
Vera Rita Costa
Ciência Hoje/ São Paulo.*

FOTO CEDIDA POR C. SBRIGHI NETO

A Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**Capex**) conclui ago-

ra em agosto a edição definitiva dos resultados da avaliação dos cursos de mestrado e doutorado em todo o país realizada no biênio 1994-95. Em função disso, deixamos de publicar os resultados da avaliação anterior (1992-93), como vínhamos fazendo, e anuncia-

Nova avaliação da **Capex**

mos a divulgação completa da nova avaliação em um de nossos próximos números – se pos-

sível, na edição de agosto mesmo –, em parceria com a própria Capex. Ao leitor que precisar de dados da avaliação anterior pedimos que entre em contato com a redação da **Ciência Hoje** pelo fax (021) 541-5342. Faremos o possível para atendê-lo.

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

Secretaria: Av. Venceslau Brás, 71, fundos, casa 27, Rio de Janeiro, CEP 22290-140. Tel.: (021) 295-4846. Fax: (021) 541-5342.

Editores: Ennio Candotti (Departamento de Física do CCE/UFES), Ronald Cintra Shellard (Departamento de Física/PUC-RJ e CBPF), Luiz Drude de Lacerda (Instituto de Química/UFF), Yonne Leite e Carlos Fausto (Museu Nacional/UFRR), Vivaldo Moura Neto (Instituto de Biofísica/UFRR), Francisco Carlos Teixeira da Silva (IFCS/UFRR), Giulio Massarani (Programa de Engenharia Química/UFRR).

Conselho Editorial: Alberto Passos Guimarães Filho (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CNPq), Antez 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/RJ), Darcy Fontoura de Almeida (Instituto de Biofísica/UFRR), Otávio Velho (Museu Nacional/UFRR), Reinaldo Guimarães (Instituto de Medicina Social/UERJ), Sonia de Campos Dietrich (Instituto de Botânica/SP).

Diretor: José Monserrat Filho.

Coordenação Executiva: Cilene Vieira e Maria Elisa da Costa Santos (assistente).

Redação: Ana Lagôa (secretaria de redação), Maria Ignez Duque Estrada, Ricardo Menandro e Cássio Leite Vieira; Luisa Massarani (repórter); Micheline Nussenzweig (internacional); Helena Londres (Tecnologia); Martha B. Neiva Moreira (auxiliar de redação); Teresa Cristina S. Coelho (secretária).

Edição de Arte: Claudia Fleury (direção de arte), Carlos Henrique Viviane dos Santos (programação visual), Luiz Baltar (computação gráfica), Irani Fuentes de Araújo (secretária).

Info-CH (Departamento de Informática e Multimídia): Ildeu de Castro Moreira (editor científico-Instituto de Física/UFRR), Cássio Leite Vieira (coordenador/SysOp CH-BBS), Jesus de Paula Assis (Ciência Hoje das Crianças Multimídia), Marcelo Quintelas Lopes (DocMaster CH on-line/SysOp CH-BBS), Rodolfo Patrocínio dos Santos (auxiliar técnico). CH-BBS: (021) 295-6198. CH on-line: <http://www.ciencia.org.br>

Administração: Lindalva L. Gurfild (gerente), Luiz Tito de Santana, Pedro Paulo de Souza, Ailton Borges da Silva, Marly Onorato, Cathia Maria A. Leiras, Luiz Claudio de O. Tito, Neuza L. de S. Soares, Flávia Verônica de Souza.

Assinatura e Circulação: Adalgisa M. S. Bahri (gerente), Maria Lúcia G. Pereira (assistente), Francisco Rodrigues Neto, Luciene de S. Azevedo, Márcio de Souza, Delson Freitas, Márcia Cristina G.

da Silva; telefax.: (021) 270-0548 e Junia Pousa C. de Paiva, tel.: (021) 295-4846. R. Francisco Medeiros, 240, CEP 21051-020, Rio de Janeiro-RJ.

Colaboraram neste número: Angela Vianna e Suelly Spiguel (edição de texto); Elisa Sankuevitz e M. Zilma Barbosa (revisão); Luiz Fernando P. Dias (análise de sistemas); Raquel Prado Teixeira (programação visual).

Conselho Científico: Antônio Barros de Castro (Faculdade de Economia e Administração/UFRRJ), Antônio Barros de Lilha Cintra (Hospital das Clínicas/USP), Carlos Chagas Filho (Instituto de Biofísica/UFRR), Carolina Bori (Instituto de Psicologia/USP), Crodovaldo Pavan (Instituto de Biologia/Unicamp), Dalmo Dallari (Faculdade de Direito/USP), Elisaldo Carlini (Departamento de Psicologia/Unifesp), Fernando Gallebeck (Instituto de Química/Unicamp), Francisco Weffort (Faculdade de Filosofia/USP), Gilberto Velho (Museu Nacional/UFRR), 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 Seixas Lourenço (Instituto de Geociências/UFGA), Luis de Castro Martins (Laboratório Nacional de Computação Científica/CNPq), H. Moyses Nussenzweig (Instituto de Física/UFRR), Newton Freire-Maia (Departamento de Genética/UFRRJ), Oscar Sala (Instituto de Física/USP), Oswaldo Porchata Pereira (Departamento de Filosofia/USP), Otávio Elísio Alves de Brito (Instituto de Geociências/UFMG), Ricardo Ferreira (Departamento de Química Fundamental/UFPE), Sylvio Ferraz Mello (Instituto Astronômico e Geofísico/USP), Telmo Silva Araújo (Departamento de Engenharia Elétrica/UFPE), Warwick E. Kerr (Universidade Federal de Uberlândia/MG).

Sucursal Belo Horizonte: Ângelo B. Machado (coordenação científica), Roberto Barros de Carvalho (coordenação de jornalismo), Marise de Souza Muniz (Departamento de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas/UFMG), C. Postal 486, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, telefax.: (031) 443-5346.

Sucursal Brasília: Maria Lucia Maciel (coordenação científica) Edifício Multi-uso I, Bloco C, térreo, sala CT65, Campus Universitário, UnB, C. Postal 04323, CEP 70910-900, Brasília, DF, telefax: (061) 273-4780.

Sucursal Recife: Luiz Antonio Marcusch, Angela Weber - Av. Luís Freire s/nº, CCN, Área I, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife, PE, telefax: (081) 453-2676.

Sucursal Salvador: Caio Mário Castro de Castilho (coordenação científica), tel.: (071) 247-2033, fax: (071) 235-5592. E-mail sbpc@ufba-br. Rudiger Ludemann (Projeto Nordeste), tel.: (071) 961-6024, telefax: (071) 379-5445. Instituto de Física/UFBA,

Campus da Federação, SSA, CEP 40210-340, Salvador/BA.

Sucursal São Paulo: Vera Rita Costa (coordenação), Ricardo Zorzetto (estagiário). Coordenação científica: Celso Dal Ré Carneiro (Unicamp), Paulo Cesar Nogueira e Soraya Smaili (Unifesp), USP, Prédio da Antiga Reitoria, Av. Prof. Luciano Gualberto, 374, trav. J, 4º andar, salas 410/414, Cidade Universitária, CEP 05508-900, São Paulo, SP, telefax: (011) 818-4192/814-6656.

Correspondentes: Porto Alegre: Ludwig Buckup (Departamento de Zoologia, UFRGS), Av. Paulo Gama, 40, CEP 90046-900, Porto Alegre, RS, tel.: (051) 228-1633, r. 3108. **Curitiba:** Glaci Zancan (Departamento de Bioquímica, Universidade Federal do Paraná, Campus Universitário Jardim das Américas), CEP 81530-900, Curitiba, PR, tel.: (041) 266-3633, r. 184. **Campina Grande:** Mário de Souza Araújo Filho (Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba), Rua Nilda de Queiroz Neves, 130, CEP 58108-670, Campina Grande, PB, tel.: (083) 321-0005.

Correspondente em Buenos Aires: Revista *Ciência Hoy*, Corrientes 2835, Cuerpo A, 5º A, 1193, Capital Federal, tels.: (00541) 961-1824/962-1330.

Assinatura para o exterior (11 números): US\$ 100 (via aérea).

Assinatura para o Brasil (11 números): R\$ 64,50.

Fotolito: Studio Portinari Matrizes Gráficas. **Impressão:** Gráfica J.B. S.A. **Distribuição em bancas:** Fernando Chinaglia Distribuidora S.A. **ISSN-0101-8515.**

Colaboração: Para a publicação desta edição, *Ciência Hoje* contou com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRRJ) e Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Departamento Comercial: Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP, telefax: (011) 258-8963. Gerente Nacional de Comercialização: Ricardo Madeira. Contato de Publicidade/São Paulo: Marcos Martins. Supervisora de Operações Comerciais: Sandra Soares. Representante/Rio: Paulo Prata, telefax: (021) 551-5224. Representante/Brasília: Deusa Ribeiro, tels.: (061) 577-3494/989-3478, fax: (061) 273-4780. Representante/NE: (Projeto Nordeste), telefax: (071) 876-1079 e tel.: (071) 961-6024. Representante/Rio Grande do Sul: Avremiro Zimmermann, telefax.: (051) 221-4538/221-7611.



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

Desde sua fundação organiza e promove reuniões anuais, com a participação de cerca de 70 sociedades e associações científicas das diversas áreas do conhecimento, onde professores e estudantes discutem seus programas de pesquisa. Temas e problemas nacionais e regionais são debatidos com participação franqueada ao público em geral. Através de suas secretarias regionais promove simpósios, encontros e iniciativas de difusão científica ao longo de todo o ano. Mantém ainda quatro projetos nacionais de publicação: a revista *Ciência e Cultura* (1948-) e a revista *Ciência Hoje* (1982-), que se destinam a públicos diferenciados, o *Jornal da Ciência 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 Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP, tel.: (011) 259-2766, fax: (011) 606-1002

Regionais: **AC** - Caixa Postal 36. Cep: 69908-970, Rio Branco - AC. Tel.: (068) 228-3051 (Karla Kristina Oliveira Martins). **MA** - Campus Universitário Bacanga/UFMA, Área de Convivência, Bl. 1 - Sl., Prédio do CEB (velho). Cep: 65080-040, São Luís - MA. Tel: (098) 217-8183. Fax: 217-8702 (Maria Marlúcia Fer-reira Correia). **RO** - Rua Pe. Agostinho, casa 13 Qd. 20, Conj. Santo Antônio - C.P. 460. Cep: 78904-420, Porto Velho - RO. UFRo - Depto. de Educação Física, Campus Universitário

- BR 364, Km 9,5. Tel.: (069) 221-9408. Fax: (069) 216-8506 A/C Carmem (Célio José Borges). **AM** - Depto. Ciências Pesqueiras/Faculdades de Ciências Agrárias/Universidade do Amazonas. Cep: 69077-000, Manaus-AM (Vandick da Silva Batista). **BA** - Faculdade de Medicina/UFBA, Rua João Botas, s/n. Cep: 40110-160, Salvador-BA (Edgar Marcelino de Carvalho Filho). **CE** - Rua D. Jerônimo, 339/503/Otávio Bonfim. Cep: 60011-170, Fortaleza-CE (Ronaldo de Albuquerque Ribeiro). **PB** - Rua Nilda de Queiroz Neves, 130, Bela Vista. Cep: 58108-670, Campina Grande-PB. Rua Cardoso Vieira, 234. Cep: 58108-050, Campina Grande-PB. Tel: (083) 321-1877. Fax: (083) 321-5406 (Elizabeth Cristina de Araújo). **SE** - Av. Francisco Moreira, 650/103/Edifício Port Spain. Cep: 49020-120, Aracaju-SE. UFSE/Campus Universitário/Jardim Rosa Elze. Cep: 49000-000, Aracaju-SE. Tel: (079) 241-2848, r. 335. Fax: 241-3995 (Antonio Ponciano Bezerra). **DF** - SQN 107, Bl. H - ap. 503, Asa Norte. Cep: 70743-080, Brasília-DF. Tel.: (061) 272-1663/274-0570 (Carlos Block Jr.). **MG** - R. Senhora das Graças, 188, Cruzeiro. Cep: 30310-130, Belo Horizonte-MG. Fundação Ezequiel Dias/Síntese Fármacos. R. Cde. Pereira Carneiro, 80. Cep: 30510-010, Belo Horizonte-MG. Tel.: (031)371-2077, r. 280. Fax: (031)3322534. (Mária Mercedes V. Guerra Amaral). **GO** - Av. Samambaia, 1, Cond. Bugainville, c. 1/Chácara Samambaia. Cep: 74691-300, Goiânia-GO. UFGoiás/Centro de Estudos Regionais, C.P. 131. Cep: 74001-970, Goiânia-GO. Tel.: (062) 205-1440. Fax: (062) 202-1035. mals@pequi.ufg.br (Marco Antonio Sperber Leite). **MT** - Rua Antonio Maria, 444/Centro. Cep: 78020-820, Cuiabá-MT. Av. Fernando Corrêa da Costa/UFMT, CCBS II/Herbário Central, Cuiabá-MT. Tels.: (065) 315-8268/8351. Fax: (065) 361-1119 (Miram Macedo). **ES** - Depto. Ciências Fisiológicas, Rua Marechal Campos, 1.468. Cep: 29040-090, Vitória-ES (Luiz Carlos Schenberg). **RJ** - CBPF - LAFEX, Rua Xavier Sigaud, 150. Cep: 22290-180, Rio de Janeiro-RJ. Tel: (021) 542-3837/295-4846. Fax: (021) 5412047/5412342. shellard@lafex.cbpf.br (Ronald Cintra Shellard). **SP (subárea I)** - Rua Arthur Azevedo, 761/

124, Pinheiros. Cep: 05404-011, São Paulo-SP. USP/Depto. de Biologia/Instituto de Biociências C.P. 11461. Cep: 05499-970, São Paulo-SP. Tel.: (011) 818-7579/818-7683 (Luís Carlos Gomes Simões). **SP (subárea II)** - Depto. Ciências Tecnol. Agro-industrial/ESALQ. Av. Pádua Dias, 11. C. Postal 9. Cep: 13418-900, Piracicaba-SP. Tel.: (0194) 29-4150/29-4196/29-43213. Fax: (0194) 22-5925 (Luís Gonzaga do Prado Filho). **Botucatu (seccional)** - Depto. de Genética/Universidade Est. de São Paulo. Cep: 18618-000, Botucatu-SP. Tels: (014) 821-2121, r. 229/822-0461 (Dêrtia Villalba Freire-Maia). **SP (subárea III)** - Depto. de Tecnologia/Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária/Unesp. Depto. de Tecnologia Rod. Carlos Tonani, Km 05. Cep: 14870-000, Jaboticabal-SP (Márcia Rossini Mutton). **MS** - DCT/CCET/UFMS/Cidade Universitária. Cep: 79009-900, Campo Grande-MS (Almir Joaquim de Souza). **PR** - Depto. de Genética/Setor Ciências Biológicas. Caixa Postal 19071. Cep: 81531-900, Curitiba - PR. Tel.: (041) 366-3144, r. 232. Fax: (041) 266-2942. (Euclides Fontoura da Silva Jr.). **Maringá (seccional)** - Depto. de Biologia Celular e Genética/UEMaringá. Av. Colombo, 3.690. Cep: 87020-900, Maringá-PR. Tel.: (044) 262-2727, r. 342. Fax: (044) 222-2654. (Paulo César de Freitas Mathias). **RS** - Hospital das Clínicas Porto Alegre/Unidade Genética Médica. Rua Ramiro Barcelos, 2.350. Cep: 90035-003, Porto Alegre-RS. Tels.: (051) 332-6131/332-6699, r. 2310. Fax: (051) 3329661/3328324. giuglian@dpx1.hcpa.ufrgs.br (Roberto Giugliani). **Santa Maria (seccional)** - Rua dos Andradas, 1.123/ap. 404, Centro. Cep: 97010-031, Santa Maria-RS (Ruy Jornada Krebs). **Pelotas (seccional)** - Av. General Barreto Viana, 611. Cep: 91330-630, Porto Alegre-RS (Fernando Irajá Félix Carvalho). **Rio Grande (seccional)** - FURG/DECLA/Campus Carreiros. Cep: 96500-900, Rio Grande-RS. deccisrio@super.furg.br (0532) 301400, r. 131. Fax: (0532) 301194 (Siro Lopez Velasco). **SC** - Depto. de Fitotecnia/CCA/UFSC. Caixa Postal 476. Cep: 88040-970, Florianópolis-SC. Tel.: (048) 234-2266/231-9357. Fax: (048) 234-2014 (Miguel Pedro Guerra).

CURA DA AIDS: ESPERANÇA COM CAUTELA

Pela primeira vez na história da AIDS existem dados científicos que indicam a possibilidade de controlar a infecção causada pelo HIV no corpo humano.

Estudos recentes, apresentados em fevereiro deste ano, na 3ª Conferência Anual sobre Retrovírus, em Washington (DC, EUA), mostram que a combinação de três a quatro drogas (medicamentos) poderia diminuir consideravelmente a multiplicação do HIV, o vírus que causa AIDS e, conseqüentemente, aumentar a sobrevida dos indivíduos infectados. Este tratamento restaurou a níveis normais o número dos linfócitos T CD4+, células que têm papel importante na resposta imunológica e são preferencialmente destruídas durante a infecção causada pelo HIV.

Este coquetel de medicamentos consiste na combinação de drogas inibidoras de enzimas que são fundamentais para a replicação viral. Combinou-se, portanto, substâncias que inibem a transcriptase reversa (enzima que transforma o ARN viral em ADN) e a protease (enzima que cliva proteínas codificadas pelos gens *gag* e *pol* em unidades proteicas menores, imprescindíveis para a maturação dos virions infectantes) (ver *Ciência Hoje*, vol. 05, nº 27, ps. 26-37, nov./dez. 1986).

Os inibidores da transcriptase reversa já eram amplamente utilizados no tratamento da AIDS, mas induziam não só efeitos colaterais como também não evitavam o aparecimento de virions resistentes. Estes inibidores, dos quais o mais utilizado é o AZT (zidovudine), podem ser utilizados isoladamente (monoterapia) e, mais recentemente, combinados com inibidores análogos, tais como ddc (dideoxycytine); ddl (didanosine) e 3TC (lamivudine). Estas combinações, sem dúvida, reforçam a ação medicamentosa, melhoram as condições imunológicas e aumentam a sobrevida dos pacientes.

Hipoteticamente, a incorporação de um inibidor de uma outra enzima da replicação viral poderia erradicar totalmente a infecção e não permitir ou dificultar o aparecimento de resistência. Graças ao recente desenvolvimento de inibidores da protease mais eficazes foi possível associá-los aos inibidores de transcriptase reversa. Três inibidores de protease, o saquinovir, ritonavir e o indinovir já foram licenciados pelo FDA (Food and Drug Administration) e outros se encontram em processo de licenciamento.

Estudos preliminares mostraram que estas combinações podem tanto ser benéficas na fase mais tardia como na fase inicial da infecção. Trabalhos realizados pelo grupo de pesquisadores do Centro de Pesquisas em AIDS Aaron Diamond, em

Nova Iorque, e relatados durante a XIª Conferência Mundial sobre a AIDS, realizada em Vancouver, (Canadá), no período de 7 a 12 de Julho deste ano, mostraram a possibilidade de erradicação da infecção (desaparecimento total do vírus no organismo). Cerca de 10 indivíduos, com menos de 90 dias, após contraírem a infecção (fase aguda) foram tratados com a seguinte combinação de medicamentos: AZT, 3TC (inibidores da transcriptase reversa) e ritonavir (inibidor de protease). Após um período de 3 a 10 meses não se detectou vírus no sangue destes indivíduos havendo, portanto, uma aparente eliminação da infecção. Entretanto, ainda não se sabe, se o HIV poderia ser detectado em outros locais como, por exemplo, o cérebro, linfonodos, testículos, secreções vaginais etc.

Portanto, ainda é prematuro afirmar que estas combinações de medicamentos erradicam a infecção pelos seguintes aspectos: 1) a não detecção de vírus no sangue circulante não significa que os mesmos não estejam alojados em determinados órgãos, onde a ação destas drogas não seria, ainda, tão eficaz; 2) existe a possibilidade do surgimento de resistência viral no decorrer do tratamento; 3) não se sabe quais os efeitos colaterais que estas drogas poderão induzir a longo prazo. Sabe-se que a terapêutica é demorada exigindo persistência e disciplina.

Vale a pena salientar que, se estas combinações forem eficazes, nem todos terão acesso imediato a estes medicamentos. O custo atual é elevado – cerca de US\$ 15.000,00 paciente/ano na América do Norte –, sendo que o teste de detecção do vírus no plasma (detecção da carga viral plasmática) custa US\$ 200,00 por dosagem. Este teste é utilizado no monitoramento da terapia. Estes custos duplicam ou mesmo triplicam nos países em desenvolvimento como, por exemplo, o Brasil.

Sabemos que, se estes dados sobre terapia combinada vierem a se confirmar, teremos um longo caminho a percorrer até que estes medicamentos estejam disponíveis para todos os que necessitam, principalmente aqueles menos favorecidos economicamente. Portanto, não podemos negligenciar no reforço do controle deste sério problema de saúde pública através de medidas preventivas (rigor na triagem do sangue, ações educativas em caráter permanente, adoção de práticas de sexo seguro etc.), que já se mostraram tão eficazes no controle da epidemia.

BERNARDO GALVÃO-CASTRO

Centro de Pesquisas Gonçalo Moniz,

Fundação Oswaldo Cruz – Salvador - BA.

AGORA, VOCÊ VAI
CHAMAR EINSTEIN,
NEWTON E GALILEU
DE BROTHERS.



Globo Ciência. Com
Leandra Leal, Tatiana Issa,
Patrick de Oliveira, Luiz
Fernando Petzhold e Jaime
Leibovitch.

O Globo Ciência está com um time de apresentadores totalmente novo. E por isso ficou muito mais dinâmico e interessante. Agora, você vai ver que aprender ciência não é um bicho de sete cabeças e pode ser superdivertido.

S á b a d o , à s 8 : 0 0 h , n a R e d e G l o b o .

GLOBO
CIENCIA

FM
FUNDAÇÃO
ROBERTO MARINHO



O Inmetro garante altos índices de audiência. E de qualidade.

Os testes sobre a qualidade de produtos feitos pelo Inmetro e apresentados pela Rede Globo no Fantástico mostram a importância de transformar consumidor em cidadão.

O Inmetro se orgulha de contribuir dessa forma para o movimento pela qualidade no Brasil. O cidadão cobra e a indústria responde, aperfeiçoando a qualidade de sua produção.

Inmetro. Mais qualidade para o cidadão.



Ministério da Indústria,
do Comércio e do Turismo.

CIÊNCIA HOJE NA INTERNET

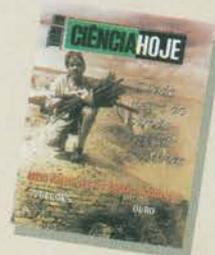
Navegue pela ciência hoje do Brasil e do mundo e não
deixe de dar uma paradinha nas seções
CH das Crianças e Serviços da CH on-line

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

LEIA E ASSINE AS PUBLICAÇÕES DA SBPC

Ciência Hoje

14 anos de divulgação
científica de qualidade
Assinatura anual
11 números – R\$ 64,50 ou
três parcelas iguais
de R\$ 21,50



Ciência Hoje das Crianças
Dez anos de experiência em
divulgação científica
para crianças
Assinatura anual
11 números – R\$ 42,00 ou
três parcelas iguais
de R\$ 14,00

Jornal da Ciência Hoje Único jornal especializado em política científica no Brasil

Assinatura anual
24 números – R\$ 48,00 ou
03 parcelas iguais
de R\$ 16,00



Você pode comprar ainda

LANÇAMENTO
As crianças vão adorar

CD-ROM - *Ciência Hoje das Crianças Multimídia*



O primeiro CD-ROM de
divulgação científica para
crianças e jovens. Com artigos
escritos pelos próprios
pesquisadores e ilustrados,
com exclusividade, pelos
mais conceituados artistas
gráficos brasileiros. E mais:
música, experiências,
animações, filmes e
jogos. Tudo em português,
para DOS.
R\$ 38,00 cada - a vista

Atenção: preços válidos até 31/08/96. Após esta data você
poderá usar este cupom pagando o preço vigente no mês.



SOCIEDADE BRASILEIRA
PARA O PROGRESSO
DA CIÊNCIA

Ligue:
FONE (021) 295-4846
FAX (021) 541-5342

ou envie para:
Departamento de Assinaturas
Av. Venceslau Brás 71, casa 27
CEP 22290-140 - Botafogo, Rio de Janeiro/RJ

Código da assinatura: _____

Quero assinar

Ciência Hoje

Jornal da Ciência Hoje

Sim, quero comprar o CD-ROM

Quero renovar

Ciência Hoje das Crianças

Nome _____ CPF _____

Endereço _____

_____ Bairro _____

CEP _____ Cidade _____ Estado _____

Fone _____ Fax _____ Idade (opcional) _____

Escolho a seguinte forma de pagamento:

parcela única

três parcelas

COBRANÇA BANCÁRIA

CHEQUE (nominal à SBPC) ou

Autorizo o débito em meu CARTÃO DE CRÉDITO*

Nome do titular _____

Nome do cartão _____ validade ___ / ___ / ___

Número _____

Assinatura (igual à do cartão) _____

* Visa (Ourocard, Nacional, Bradesco), American Express, Sollo, Credicard, Diners

CIÊNCIA HOJE
para sua família:
mais qualidade
na informação
que chega à sua casa

CIÊNCIA HOJE



JORNAL DA CIÊNCIA HOJE

E não esqueça! Presentear com Ciência Hoje é sempre uma boa idéia