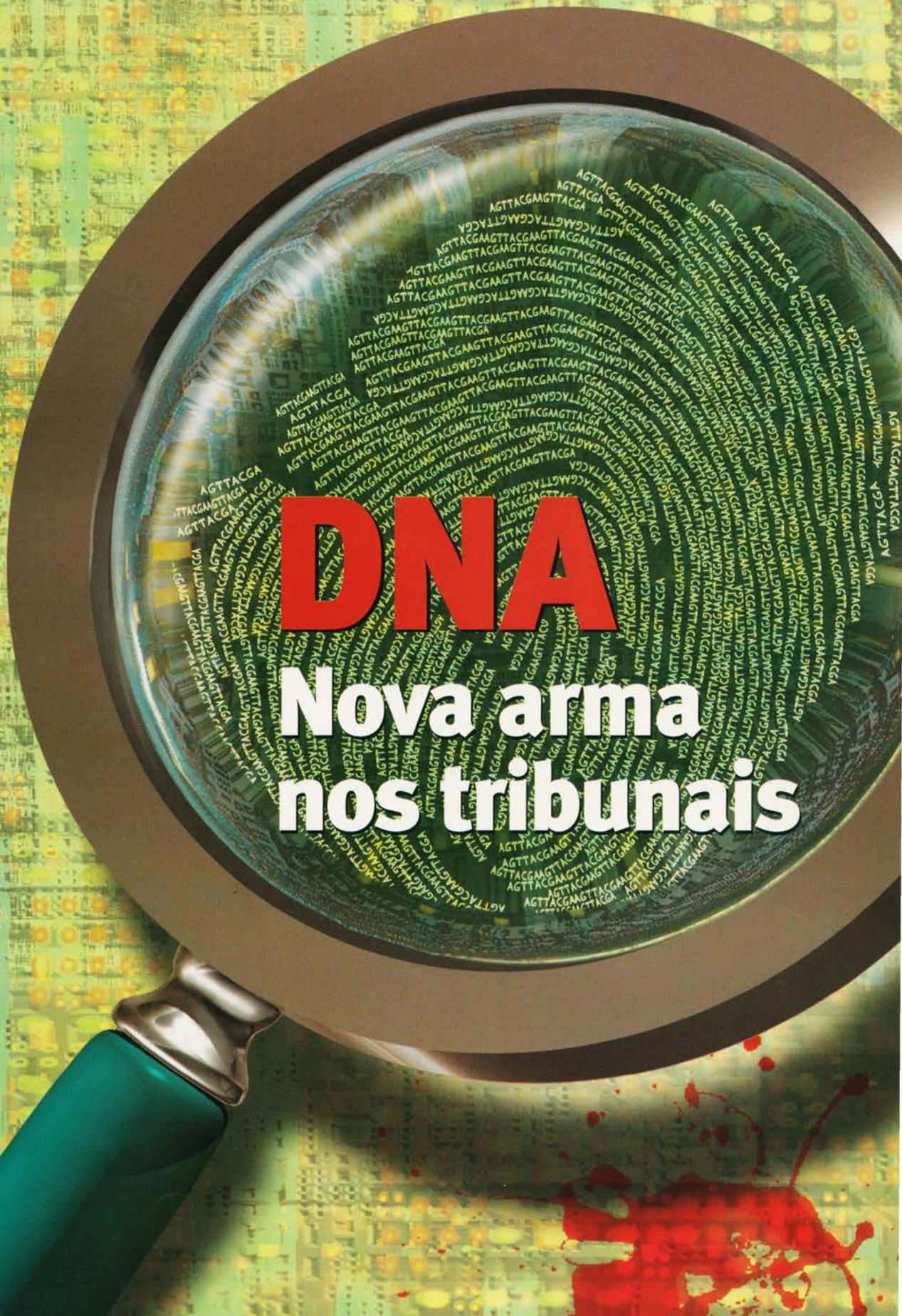
ciência hoje

OS CUIDADOS COM O LIXO ATÔMICO

O VALOR POLÍTICO DA INTERNET

FÍSICOS CONGELAM A LUZ

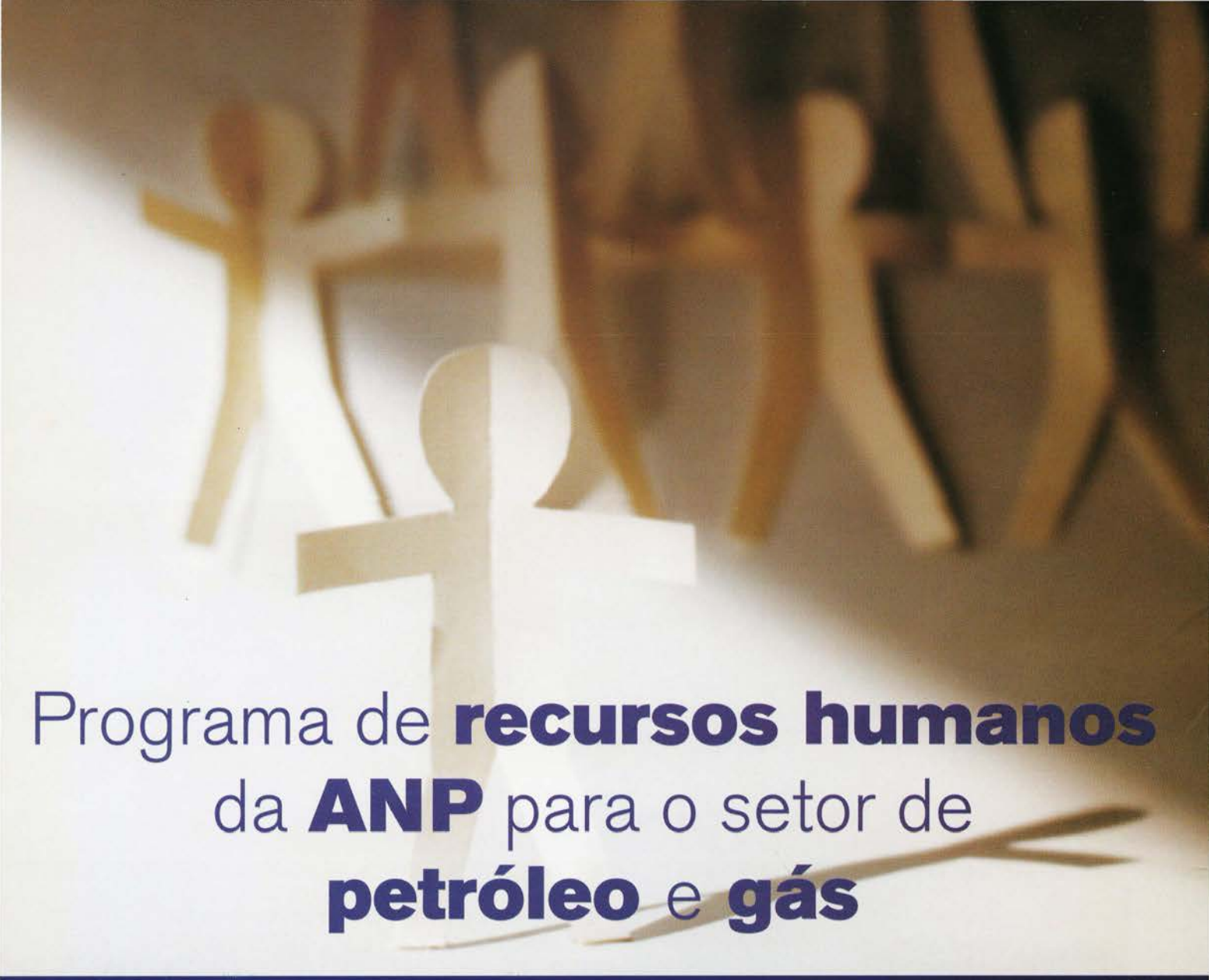


DNA
Nova arma nos tribunais

SBPC

ISSN 0101-8515

REVISTA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA/VOL. 29 Nº 169/MARÇO DE 2001/R$ 7,50



Programa de **recursos humanos** da **ANP** para o setor de **petróleo** e **gás**

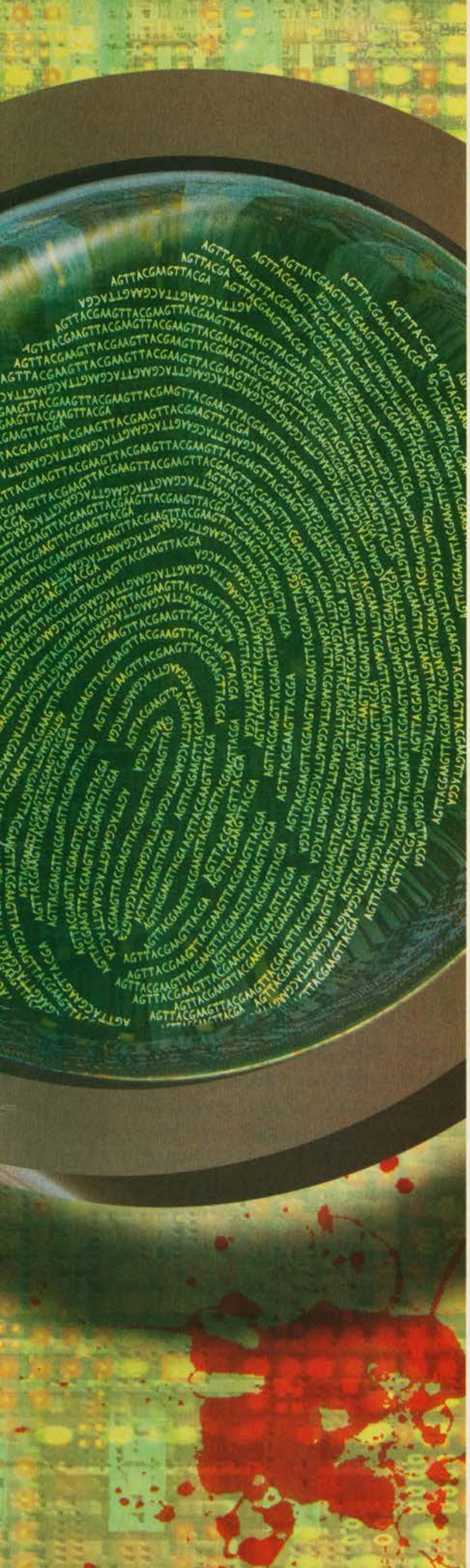
PRH - ANP / MME / MCT

531 bolsas concedidas • **R$ 3,8 milhões** para taxas de bancada em 2000 • **22** universidades participantes em **13** estados • **31** programas beneficiados

Apoio à **formação de pessoal** qualificado na área de **petróleo** e **gás natural**

Maiores informações, visite nosso site: **www.anp.gov.br** (seção desenvolvimento tecnológico)
Endereço eletrônico: **prh@anp.gov.br**

anp
Agência Nacional do Petróleo



Nova **ferramenta** para casos de **polícia**

Mais uma vez a ciência vem atender à sociedade. Desta vez, para ajudar a resolver casos de polícia. A mais nova ferramenta é o velho código genético. A tecnologia de 'tipagem' de DNA, já bastante usada para reconhecimento da paternidade, começa a ser adotada em algumas capitais do país para identificar criminosos. A alta velocidade com que ocorre a produção de conhecimento na biologia molecular exige mudanças estratégicas e a elaboração de regras rígidas para coleta e tratamento das amostras, capazes de acompanhar esse ritmo.

O uso da energia nuclear para gerar eletricidade ainda assusta populações do mundo inteiro. O acúmulo de lixo radioativo está entre as principais preocupações. Para minimizar o volume de rejeitos e os efeitos da radioatividade no meio ambiente, é preciso conhecer que resíduos são produzidos no ciclo do combustível nuclear e desenvolver meios para neutralizá-los ou depositá-los de modo seguro.

Nesta edição, aproveitamos para recordar a polêmica obra do físico norte-americano David Bohm, que viveu no país nos anos 50 e tornou-se cidadão brasileiro. Sua ousada interpretação sobre a teoria quântica, que aborda o universo dos diminutos átomos e moléculas, provocou controvérsias na comunidade científica e garantiu-lhe um capítulo singular na história da física.

A redação

PROJETO CIÊNCIA HOJE Responsável pelas publicações de divulgação científica da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Compreende: revistas *Ciência Hoje* e *Ciência Hoje das Crianças*, *CH on line* (internet), *Ciência Hoje na Escola* (volumes temáticos) e *Ciência Hoje das Crianças Multimídia* (CD-ROM). Mantém intercâmbio com as revistas *Ciencia Hoy* (Corrientes 2835, Cuerpo A, 50 A, 1193, Buenos Aires/Argentina, tels.: (00541)961-1824/962-1330) e *La Recherche* (Paris/França); e conta com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC/CNPq) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).
ISSN: 0101-8515

CONSELHO DIRETOR
Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF/CNPq);
Otávio Velho (Museu Nacional/UFRJ);
Reinaldo Guimarães (Instituto de Medicina Social/UERJ);
Roberto Lent (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ);
Fernando Szklo

Secretária: Maria Elisa da C. Santos
Diretor Executivo: Fernando Szklo
Editores Científicos:
Ciências Humanas – Carlos Medeiros (Instituto de Economia/UFRJ)
Ciências Ambientais – Olaf Malm (Instituto de Biofísica/UFRJ)
Ciências Exatas – Francisco Caruso (LAFEX/CBPF e UERJ)
Ciências Biológicas – Débora Foguel (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ)

CIÊNCIA HOJE • SBPC

Editora Executiva: Alicia Ivanissevich
Secretária de Redação: Juliana Caetano
Editor de Texto: Ricardo Menandro
Setor Internacional: Cássio Leite Vieira
Repórteres: Luís Henrique Valdetaro e Mara Figueira
Revisoras: Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa
Secretárias: Theresa Coelho e Irani Fuentes de Araújo
Colaboraram neste número: Joana Angélica d'Avila Melo (editoração), Cássio Leite Vieira (edição de texto) e Maya Mitre (reportagem)

Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.
Diretora de Arte: Claudia Fleury (E-mail: ampersan@uol.com.br)
Programação Visual: Carlos Henrique Viviane e Raquel P. Teixeira
Computação Gráfica: Luiz Baltar

BELO HORIZONTE
Coordenador Científico: Ângelo Machado (Instituto de Ciências Biológicas/UFMG)
Correspondente: Roberto Barros de Carvalho (E-mail: ch-mg@icb.ufmg.br)
End.: Departamento de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas/UFMG
Caixa postal 486, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG.
Tel.: (031) 499-2862 e Telefax: (031) 443-5346

SÃO PAULO
Correspondente: Vera Rita da Costa (E-mail: chojesp@sbpcnet.org.br)
End.: Prédio da Antiga Reitoria da USP, Av. Prof. Luciano Gualberto, 374, travessa J, sala 232, Cidade Universitária, CEP 05508-900, São Paulo, SP.
Tel.: (011) 814-6656 e Telefax: (011) 818-4192

BRASÍLIA
Coordenadora Científica: Maria Lúcia Maciel (UnB)
End.: Edifício Multi-uso I, Bloco C, térreo, sala CT65, Campus Universitário/UnB, Caixa postal 0423, CEP 70910-900, Brasília, DF, telefax: (061) 273-4780

SALVADOR
Coordenador Científico: Caio Mário Castro de Castilho (UFBA) (E-mail: sbpc@ufba.br)
End.: Instituto de Física/UFBA, Campus da Federação, SSA, CEP 40210-340, Salvador, BA. Tel.: (071) 247-2033, fax: (071) 235-5592

Gerente Comercial: Ricardo Madeira (chsp@uol.com.br)
Supervisora de Operações: Sandra Soares
Contato Comercial: Marcos Martins (chsp@uol.com.br)
End.: Rua Maria Antônia 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP.
Telefax: (011) 258-8963

BRASÍLIA: Joaquim Barroncas – Tel.: (061) 226-1824/9972-0741, Fax: (061) 226-1824
PROJETO NORDESTE: Rudiger Ludemann – Telefax: (071) 677.1211

Gerente Financeira: Lindalva Gurfield
Pessoal de Apoio: Luiz Tito de Santana e Pedro P. de Souza

Gerente de Circulação: Carlos Henrique Abibe
Pessoal de Apoio: Francisco R. Neto e Luciene de Azevedo
Gerente de Expedição: Adalgisa Bahri

Fotolito: Open Publish Soluções Gráficas
Impressão: Gráfica JB S/A
Distribuição em Bancas: Fernando Chinaglia Distribuidora S/A

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

ATENDIMENTO AO ASSINANTE E NÚMEROS AVULSOS
TEL.: 0800 264846
CH on-line:
http://www.ciencia.org.br
assinach@sbpcnet.org.br

FAPERJ
Programa de Apoio a Publicações Científicas
MCT CNPq FINEP

Um caso de identidade: os exames de DNA nos tribunais 24

Avanços científicos estão alterando o trabalho de policiais: hoje, o DNA extraído de pequenas amostras de saliva ou sangue ajuda na identificação de criminosos. Crescem os usos forenses de técnicas da engenharia genética, mas aumentam também as exigências para a coleta e o tratamento das amostras.

Por Franklin David Rumjanek e Concy Maya Caldeira Rinzler

David Bohm e as controvérsias do mundo dos quanta 34

As idéias do físico norte-americano David Bohm sobre a teoria quântica o associaram para sempre à história da física. As polêmicas provocadas por esse cientista, que viveu no Brasil e tornou-se cidadão brasileiro, revelam não só como a teoria quântica foi renovada, mas como as controvérsias são importantes para o desenvolvimento científico.

Por Olival Freire Jr.

Usinas nucleares: a questão dos rejeitos

40

Os riscos associados à energia nuclear, usada na geração de eletricidade, assustam a população. Para minimizar o volume de rejeitos radioativos e seus efeitos ambientais, é preciso conhecer melhor quais são esses rejeitos e desenvolver meios para neutralizá-los ou guardá-los de modo seguro.

Por Anselmo S. Paschoa

Capa: Ilustração Mário Bag

O LEITOR PERGUNTA

Quais os riscos de uma futura falta d'água mundial? 4

A perda de energia cinética pela Lua, em função de sua atuação no movimento das marés, não deveria fazer com que ela desacelerasse, podendo colidir com a Terra? 4

Como é feita a modificação genética de organismos, como as moscas *Drosophila*? 5

Como é feito o congelamento de embriões e até que idade podem ser congelados? 5

ENTREVISTA

José Eisenberg
Política, democratização e cidadania na internet 6

MUNDO DE CIÊNCIA

Congelando a luz no interior da matéria 17

EM DIA

De alma lavada 48

Úlceras resistentes 52

Precisa-se de oxigênio 54

O declínio da comida regional 56

Cada vez mais Comprida 58

OPINIÃO

Segurança química nas instituições de ensino superior 63

PRIMEIRA LINHA

Como reciclar alumínio sem riscos ambientais 66

Pingüins, a 'marca registrada' do Pólo Sul 69

RESENHA

Enfim, a consciência toma corpo 73

MEMÓRIA

Em defesa da saúde pública 76

CARTAS 80

Quais são os riscos de uma futura falta d'água mundial?

OKÇANA RODRIGUES, POR E-MAIL.

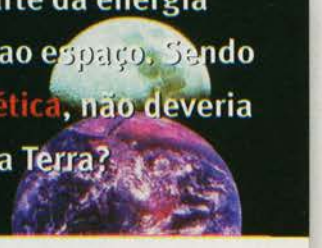
Os riscos de uma possível falta d'água são elevados, pois apenas 2,7% do total de água existente na Terra corresponde à água doce. Dessa parcela, 76,6% encontram-se sob forma de gelo acumulado nas calotas polares e nas altas montanhas. Portanto, somente uma pequena parte (menos de 1%) de toda a água existente em nosso planeta está disponível para o consumo humano. Devido à intensificação dos processos de degradação dos corpos d'água pela ação do homem, grande parte da água doce disponível está seriamente contaminada, principalmente os corpos próximos às cidades. Por isso, acredita-se que a crise da água será uma das grandes questões do século 21.

Porém, essa crise ainda pode ser evitada. A primeira medida é cessar o despejo de esgotos não-tratados e de outros contaminantes nos corpos d'água. Deve-se também alterar o gerenciamento desses corpos e, principalmente, de suas bacias de drenagem. Na Europa, têm sido observados exemplos positivos no gerenciamento e manejo de importantes bacias e rios multinacionais, altamente poluídos, como as bacias dos rios Danúbio e Pó, situadas justamente nos países que, naquele continente, seriam os mais afetados por uma possível crise da água. A multinacionalidade dos grandes corpos d'água europeus, aliada ao fato de a água ser um recurso natural estratégico para qualquer país, pode, em um futuro próximo, desencadear uma guerra mundial.

Vinicius Farjalla e **Francisco de Assis Esteves**
Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Sendo a Lua responsável pelo movimento das marés, parte da energia que move os oceanos é convertida em calor e devolvida ao espaço. Sendo o sistema Terra-Lua inelástico, a Lua, que perde energia cinética, não deveria desacelerar, executar uma órbita descendente e colidir com a Terra?

MARCELO BATISTA RODRIGUES DE CASTRO, POR E-MAIL



Não. Na verdade, as marés fazem com que a velocidade de rotação da Terra diminua e a Lua se afaste dela. As marés são causadas pelo fato de várias partes da Terra serem 'puxadas' pela Lua com intensidades diferentes. O lado mais próximo é 'puxado' em direção à Lua com mais intensidade do que o centro da Terra, enquanto no lado oposto a força de atração é menos intensa. Isso faz com que a elevação da água ocorra na direção Terra-Lua, mas em pontos opostos, em relação ao centro da Terra. As marés são devidas também ao Sol; mas, como o efeito da Lua é cerca de duas vezes maior, vamos considerar apenas o último.

Os bojos das marés tendem a ficar alinhados com a Terra e a Lua mas, ao girar, a Terra tenta arrastar esses bojos. Assim, os movimentos das águas, da atmosfera e do interior da Terra causam atritos e, conseqüentemente, além de gerar calor, tendem a frear a velocidade de rotação da Terra, o que causa, no período de rotação desta, um aumento de 1 segundo a cada 50 mil anos. Esse mesmo efeito fez com que a rotação da Lua — que também sofre uma força de maré exercida pela Terra, 20 vezes maior do que a força em sentido contrário — se sincronizasse com o período de sua própria órbita, apresentando sempre a mesma face para nós.

E por que a Lua se afasta? Para explicar isso, é preciso considerar outra grandeza associada ao sistema Terra-Lua, tão importante quanto a energia: o momento angular. As marés não causam sua variação, diferentemente do que ocorre com a energia, e, portanto, ele se mantém constante durante a evolução temporal do sistema. É a conservação do momento angular que faz, por exemplo, com que a velocidade de rotação de um patinador aumente ou diminua conforme ele esteja com os braços próximos ao corpo ou abertos. No caso do sistema Terra-Lua, se a Terra diminui sua velocidade de rotação, a Lua deve se afastar dela cerca de 3 cm por ano para que o momento angular seja conservado. Portanto, a maré faz com que a Lua se afaste da Terra, aumentando o período da órbita da Lua.

Esse processo só terminará quando os períodos de rotação da Terra e de órbita da Lua se igualarem. Calcula-se que isso aconteceria, se os dois astros tivessem vida tão longa, em algumas centenas de bilhões de anos, quando os períodos seriam de 1.200 horas (50 dias atuais). Nesse caso, a distância entre a Lua e a Terra teria aumentado apenas uma vez e meia.

Roberto V. Martins
Observatório Nacional/RJ

Como é feito o congelamento de embriões?

Até que idade o embrião pode ser congelado e por quanto tempo pode permanecer assim?

APARECIDA MONTESINO RODRIGUES OLIVEIRA, POR E-MAIL

Para a fertilização *in vitro*, a paciente produz de cinco a 20 óvulos, sob estímulo hormonal, que serão fecundados em laboratório. São recolocados no útero no máximo quatro embriões, o que possibilita uma taxa de gravidez de 30% — o excedente é congelado. Um número maior de embriões não aumenta significativamente a incidência de gestação mas sim, a possibilidade de gestação múltipla. Depois de 48 horas da fecundação do óvulo pelo espermatozóide, quando apresenta quatro células, o embrião está pronto para ser transferido para o útero ou para ser congelado. É possível mantê-lo em cultura, no máximo, por mais dois ou três dias, mas o melhor é transferi-lo ou congelá-lo no segundo dia de cultura para evitar sofrimento nas condições do laboratório.

Os embriões são colocados em um meio de cultura para evitar a formação de cristais de gelo, capazes de destruir as estruturas contidas no citoplasma, durante o congelamento. A absorção do meio de cultura pela célula depende exclusivamente da qualidade do embrião; os que não o fazem são destruídos pelo congelamento. Existe um programa computadorizado que reduz a temperatura do embrião progressivamente, de acordo com uma tabela, de 37° positivos a 196° negativos. Em seguida, o recipiente com os embriões é imerso em nitrogênio líquido, onde fica por período indefinido. O congelamento não causa danos ao embrião tanto que resultados satisfatórios já foram obtidos com embriões congelados por mais de 10 anos.

A idade da mulher também é um fator importante em reprodução humana. Acima dos 39 anos, diminui gradativamente a capacidade de engravidar, assim como os óvulos perdem a capacidade de serem fecundados ou produzirem embriões de qualidade, o que aumenta os riscos de malformação genética. Como ainda não é possível congelar óvulos, só espermatozóides e embriões, se a mulher nessa idade não conseguir resultados satisfatórios com a estimulação hormonal, pode recorrer a óvulos doados para conseguir engravidar.

Luiz Fernando Dale
Centro de Medicina da Reprodução do Rio de Janeiro

De que maneira é feita a modificação genética de organismos, como no caso das moscas *Drosophila*?

MARÍLIA LUZ SOARES, SANTANA DO ARAGUAIA / PA

Há várias técnicas para transformar geneticamente organismos como as drosófilas, mas todas introduzem DNA no núcleo de uma célula-ovo ou em uma célula embrionária, ainda não-diferenciada, do organismo receptor para que o gene se integre ao genoma da célula e seja transmitido às suas descendentes. Quando se usa uma célula embrionária não-diferenciada, nem todas as células do organismo adulto serão descendentes dela e, portanto, portadoras do gene. Mas é necessário que as células germinativas sejam provenientes da célula transformada para que os gametas (óvulos ou espermatozóides) do novo indivíduo portem o gene e possam passá-lo à próxima geração. O DNA pode ser introduzido no núcleo por injeção, sob microscópio, usando-se uma microsseringa. Mas existem técnicas mais sofisticadas, como um 'revólver' adaptado que atira microprojéteis de tungstênio cobertos por DNA. Uma vez no núcleo, o gene integra-se ao genoma do receptor por um processo que pode ocorrer naturalmente, graças à tendência ao emparelhamento e recombinação entre seqüências semelhantes de DNA (recombinação homóloga). Contudo, diversas espécies têm facilitadores dessa integração – a bactéria de solo *Agrobacterium tumefaciens*, por exemplo, é capaz de infectar várias espécies de plantas e transferir um segmento de DNA para o seu hospedeiro. No caso da modificação genética da *Drosophila melanogaster* (mosca-das-frutas), pode-se construir e injetar na célula uma molécula de DNA que contenha o gene que se quer transferir e uma seqüência de DNA capaz de se mover de um ponto para outro qualquer do genoma (o elemento de transposição P). No entanto, ainda existem alguns problemas para a transformação genética dos organismos eucariotos (os que têm núcleos diferenciados nas células), como a morte de muitas das células injetadas e a integração aleatória do DNA injetado, que nem sempre ocorre em um local favorável à expressão do gene. É feito um grande número de tentativas para, com sorte, obter-se um organismo adulto transformado geneticamente.

Blanche Christine Bitner-Mathé
Departamento de Genética, Instituto de Biologia
Universidade Federal do Rio de Janeiro

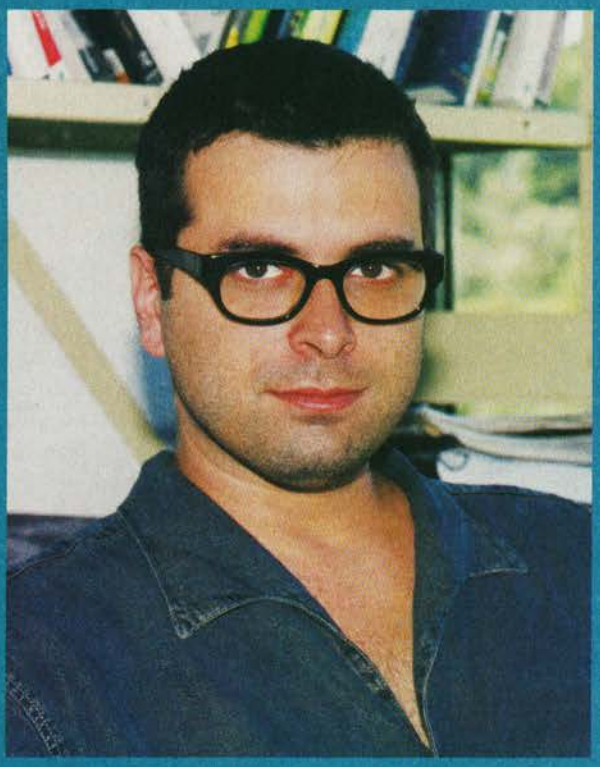
CARTAS À REDAÇÃO

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

E-MAIL:
chojered@sbpcnet.org.br

José Eisenberg

Política, democratização e cidadania na internet



A internet e suas relações com a democracia têm despertado a atenção de inúmeros pesquisadores em todo o mundo. Para discutir esse assunto, autoridades do setor público brasileiro e especialistas de universidades norte-americanas, européias e do Brasil se reuniram, em novembro passado, na Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Belo Horizonte. À frente do evento esteve o cientista político José Eisenberg, um estudioso das questões que envolvem o uso da rede mundial de computadores no fortalecimento da democracia nas sociedades, em especial a brasileira. Graduado em ciências sociais pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e doutor em ciência política pela The Graduate School and University Center, em Nova York, Eisenberg divide suas atividades de professor entre a UFMG e o Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro (Iuperj). Nesta entrevista, ele fala sobre o potencial político-democrático da internet e relata experiências pioneiras de uso da rede na formação de consciências cidadãs em várias partes do mundo. Mas pondera: "Se os efeitos no relacionamento do cidadão com a política serão positivos, essa é uma questão ainda em aberto." O leitor interessado em aprofundar-se no tema poderá visitar o site http://www.e-democracy.lcc.ufmg.br e acessar a íntegra dos trabalhos apresentados no encontro da UFMG.

ENTREVISTA CONCEDIDA A **MAYA MITRE** (ESPECIAL PARA *CIÊNCIA HOJE*/MG)

A internet é aclamada por seu potencial democratizante, por permitir uma comunicação descentralizada entre os indivíduos e integrá-los de modo mais ativo aos processos decisórios. Que possibilidades tem essa nova mídia de aumentar o envolvimento dos cidadãos na política?

Devemos considerar dois fatores ao pensar o potencial político-democrático da internet. Em primeiro lugar, ela é um instrumental técnico que permite uma nova forma de interação entre os indivíduos: a distância, mediada por computadores. Em certo sentido, também é um mecanismo que reproduz processos comunicativos antigos – um *website* e um programa de televisão não são muito diferentes. Segundo, na internet há as interações 'um a um' ou 'muitos a muitos' – em que os indivíduos são simultaneamente produtores e receptores de informação – e as que decorrem de mensagens produzidas por um ou alguns indivíduos e que são consumidas, de forma passiva, durante a 'navegação'. Se a rede terá efeito positivo no envolvimento do cidadão com a política, essa é uma questão em aberto. É preciso considerar seus limites reais enquanto meio técnico e a forma como vem sendo utilizada. O uso da internet só será politicamente relevante se as questões debatidas por intermédio dela disserem respeito à vida dos cidadãos e à política. Mas o que a curta história da internet nos mostra é que ela tem sido utilizada fundamentalmente como bem privado, associado a atividades lucrativas. As possibilidades de ser apropriada como bem público – para construir redes cívicas e intervir em processos políticos da sociedade – dependem da ação das instituições públicas de fazer da rede um instrumento com tais finalidades.

Como os *sites* governamentais podem contribuir para a participação efetiva da população na política? Há experiências bem-sucedidas nesse sentido?

Os *sites* governamentais, cujo principal papel é dar acesso a informações e serviços do governo, devem seguir dois critérios básicos: ser acessíveis ao maior número possível de pessoas e apresentar conteúdo relevante aos cidadãos. Para haver uma 'navegação cidadã', é preciso que os *sites* sejam ágeis, simples e de fácil compreensão. O conteúdo deve permitir ao cidadão resolver seus problemas com o Estado, desde queixas e reclamações sobre a qualidade dos serviços prestados, até coisas concretas como recadastramento de CPF, obtenção da segunda via de uma conta, informações sobre tributos a serem pagos etc. É de se destacar que, nesse tipo de interação, a figura de intermediários está completamente ausente. No Brasil, há vários *sites* governamentais de assembléias legislativas, como a de Minas Gerais e a do Rio Grande do Sul, e o da Câmara Municipal de Belém, por meio dos quais o cidadão pode acompanhar detalhadamente os processos deliberativos nessas instâncias legislativas. O próprio governo federal criou a rede Interlegis, cujo objetivo é pôr parlamentares de todo o país em contato uns com os outros para discussões. O poder legislativo pode perfeitamente utilizar os recursos da internet para criar um vínculo mais estreito com os eleitores.

Para que a rede possa ser usada com fins políticos, qual deve ser o papel dos governos e dos órgãos públicos na regulamentação da internet?

O Estado tem um papel fundamental na construção de mecanismos que permitam ao cidadão utilizar a internet, não só com finalidade lúdica ou de consumo, mas também como instrumento de governança. É o que chamamos de 'governança eletrônica'. O Estado deve usar a internet para ampliar os espaços de exercício da cidadania, divulgando informações públicas relevantes, prestando serviços aos cidadãos e facilitando a interação destes com as instituições, estimulando e viabilizando as interações interpessoais e a construção de redes cívicas. Tanto em âmbito federal quanto local, há exemplos de *sites* que dão informações e prestam serviços antes pouco acessíveis ao cidadão. O cidadão pode, por exemplo, informar-se sobre as condições do trânsito, com base em imagens obtidas por câmaras digitais, em tempo real, verificar mapas de uma cidade, itinerários de ▸

A curta história da internet mostra que ela tem sido utilizada basicamente como bem privado, o que implica estratégias de ocupação associadas a atividades lucrativas. As possibilidades de ela ser usada como bem público dependem da atuação das instituições públicas

linhas de transporte coletivo, tabela de impostos, horários de atendimento de órgãos públicos etc.

Como seriam essas redes cívicas?
Os cidadãos poderiam, através da internet, manifestar sua opinião sobre problemas relevantes no seu dia-a-dia, podendo até formular estratégias para solucioná-los. Mas isso, é claro, depende de orientações políticas do próprio Estado. É razoável vislumbrar que governos e partidos políticos com projetos democratizantes usem a rede para ampliar espaços democráticos. Mas se, por um lado, a internet tem potencial para isso, por outro ela acaba criando, paradoxalmente, uma nova camada de desigualdade social, já que elitiza o acesso a esse novo tipo de participação política.

Reproduzem-se então as mesmas desigualdades sociais?
Não as mesmas. A internet propicia um novo tipo de desigualdade social, juntando-se ao conjunto de barreiras tradicionais associadas a renda, classe, raça, ocupação. Essa nova desigualdade opõe os que têm acesso à internet aos que não o têm. Forma-se assim o que alguns autores chamam de 'barreira digital', um conjunto de desigualdades sociais geradas pela introdução das novas tecnologias de informação e comunicação, baseadas no uso de computadores.

Por que defender o acesso à internet no Brasil, onde boa parte da população é analfabeta e não tem condições básicas de sobrevivência?
Muitos acham que não deveríamos nos preocupar com políticas públicas para a internet, já que há problemas mais candentes em nosso país. Discordo. Não que ache a pobreza e os problemas sociais menos importantes. Mas se olharmos a velocidade com que a rede vem crescendo, bem como o barateamento do custo de acesso, é muito provável que, em breve, ela venha a ser instrumento corriqueiro até no cotidiano das camadas mais baixas. Se, na época da inserção da tevê no Brasil, os cientistas sociais tivessem refletido mais criticamente sobre as formas de utilização dessa mídia, talvez não fôssemos vítimas do monopólio privado que se formou na área.

A internet tende a tornar-se gratuita. Isso modificaria sua capacidade de criar impacto nos processos de participação democrática?
A internet não está se tornando gratuita. O que acontece é que tanto o preço do equipamento necessário para acessá-la quanto o custo do acesso vêm diminuindo. Logo, o que o Estado pode fazer, ao elaborar estratégias de políticas públicas para populações de baixa renda, é tentar reduzir ainda mais esses custos ou até criar centros de acesso público à internet, a exemplo do projeto Digitando o Futuro, da prefeitura de Curitiba, que já implantou 26 pontos de acesso público à rede (dos 55 previstos), voltados sobretudo para a população carente. Há experiências similares desenvolvidas também pelas prefeituras de Porto Alegre e Belo Horizonte. Esta última pretende, através do projeto Internet Popular, democratizar a gerência interna da prefeitura, em sintonia com os esforços de publicação de informações estratégicas da administração municipal.

Seja qual for o potencial democratizante da internet, seus impactos seriam mais efetivos em nível local, nacional ou internacional?
É fácil testemunhar o impacto da internet na construção da opinião pública internacional. Mas não se pode falar ainda numa 'sociedade civil internacional', que se mobiliza e usa a internet para construir movimentos sociais virtuais. No entanto, podemos apontar contextos e crises regionais – seja na Europa, no caso da ex-Iugoslávia, ou nos Estados Unidos, em seu recente e tumultuado processo eleitoral – sobre os quais a internet atuou, propiciando uma rápida circulação de informações. A rede permite a populações de diferentes localidades, que em princípio só teriam acesso a informações através dos meios tradicionais de comunicação, discutir e se mobilizar em torno de temas da agenda internacional. No plano nacional, o papel da internet é semelhante. Ela pode, de modo ágil, mobilizar populações de diversas cidades e regiões em torno de temas que dizem respeito à nação. Mas é, sem dúvida, no plano local que a internet tem maior poder de impacto. Ainda não podemos dizer se, no Brasil, as experiências mais importantes se dão na esfera local. Mas, em algumas regiões da Europa e dos Estados Unidos, é no nível municipal que se

A internet pode democratizar relações e construir redes cívicas mas, por outro lado, cria uma nova camada de desigualdade social, já que só uma pequena parcela da população pode acessá-la

desenvolvem os projetos mais interessantes em processos de democratização.

Poderia citar um exemplo?
O caso da municipalidade de Bolonha, na Itália, é paradigmático. A prefeitura dessa cidade provê acesso gratuito à internet a todos os cidadãos, por meio de pontos públicos de acesso. Seu *site* propiciou a construção de redes cívicas, incentivando debates sobre a agenda do legislativo e do executivo. A Sociedade de Gerenciamento de Tecnologias de Informação é um órgão composto por várias cidades inglesas que têm experiências semelhantes à da Bolonha. Nos Estados Unidos, podemos citar a cidade de Santa Mônica; na Holanda, Amsterdã. Sem comunicação não há democracia, que é um mecanismo de produção de consensos sociais. E há situações em que é inviável reunir dois milhões de pessoas para debater um problema. Sem dúvida, a internet tem potencial para gerar mecanismos deliberativos mais sofisticados, em substituição aos tradicionais processos eleitorais.

Esses mecanismos podem ser, por exemplo, referendos *on-line*?
Por exemplo, o Projeto Péricles, desenvolvido na Grécia e apoiado pela Comunidade Européia, consiste em um conjunto de mecanismos deliberativos virtuais que podem ser adotados por municipalidades daquele país nos períodos entre eleições. Tais mecanismos – referendos, vetos e plebiscitos – permitiriam à população participar mais ativamente dos processos decisórios do governo. A avaliação final desse projeto, implementado em poucas cidades, foi negativa, pois todo processo de descentralização e democratização política encontra forte resistência entre os que conquistam mandatos por métodos tradicionais. As instâncias executivas, os prefeitos sobretudo, mostraram-se muito resistentes.

O senhor acredita que a internet possa reverter a atual falta de motivação das populações em relação à política?
A apatia é mais evidente onde o voto é facultativo. Na última eleição presidencial dos Estados Unidos, por exemplo, apenas 40% da população foi às urnas. Isso significa que 60% dos norte-americanos não dão atenção ao momento mais importante do ciclo democrático de seu país, supostamente um ícone da democracia. As causas da apatia política no mundo contemporâneo são profundas e complexas, e dificilmente a internet, enquanto meio técnico de comunicação, será capaz de superá-las e resolver as crises de legitimidade das democracias atuais. Mas ela tem recursos que devem ser explorados, e os resultados dessa exploração devem ser analisados para se verificar a possibilidade de ampliação da participação democrática atual.

Se, na época da inserção da tevê no Brasil, os cientistas sociais brasileiros tivessem refletido mais criticamente sobre a utilização dessa mídia, talvez não fôssemos hoje vítimas do monopólio privado que se formou na área

Experiências de eleições via internet já foram feitas nos Estados Unidos, como as prévias nos estados do Arizona e do Oregon. Quais as vantagens e os riscos desse processo?
Será preciso percorrer um longo caminho até podermos votar em nossas próprias casas, via internet. Isso está longe de se tornar viável, mesmo nos Estados Unidos, onde o voto é facultativo, 95% das pessoas são alfabetizadas e a grande maioria é capaz de votar pela internet. A literatura aponta vários problemas a esse respeito: em primeiro lugar, não há como garantir a autenticidade do voto, por estarmos ainda distantes do desenvolvimento de assinaturas digitais. Há também problemas relativos à transformação do ambiente de votação. Tradicionalmente, a idéia do voto está associada a um ato individual, porém público. As pessoas vão a determinado local e tomam uma decisão que, embora secreta, é testemunhada por diversos indivíduos. Ao transferir a votação para dentro de casa, cria-se uma situação na qual o voto não é necessariamente secreto, tampouco público, dissolvendo o caráter ritualístico. Muitos imaginam que no futuro haverá uma política completamente virtualizada, uma democracia eletrônica, transformada pela internet. Não faz sentido projetar agora um horizonte utópico, no qual a internet seja encarada como agente de uma revolução na política do mundo contemporâneo.

Diz-se que a internet propicia o desenvolvimento do debate público. Qual o diferencial da internet e quais as vantagens em relação aos meios de comunicação de massa, como o rádio e a televisão?

A diferença crucial é que a transmissão de informações via rádio ou tevê é muito mais cara do que via internet. Além disso, esses meios em geral dificultam o diálogo efetivo entre produtores e consumidores de informação. Um produtor envia mensagens simultaneamente a milhões de pessoas, e estas têm uma capacidade de participação limitada, embora se possa criar mecanismos de consulta ao público por telefone, por exemplo. Já o baixo custo de produção de informação na rede faz proliferarem agentes políticos interessados em fazer circular informações falaciosas anonimamente.

Votar em casa, via internet, ainda está longe de ser viável, mesmo nos Estados Unidos, onde o voto é facultativo e 95% das pessoas são alfabetizadas

O anonimato é saudável para a democracia?

Há um lado positivo e outro negativo. O fato de alguém poder ter um endereço eletrônico gratuito e criar identidades falsas confere enorme grau de liberdade a quem estaria normalmente constrangido em assumir certas posições publicamente. O preço dessa liberdade é, em contrapartida, o fato de essas pessoas não poderem ser responsabilizadas pelas informações que fazem circular na rede. Particularmente no que diz respeito às interações políticas, é fundamental que os indivíduos exerçam sua cidadania com responsabilidade. Isso implica assumir seus atos e opiniões e estar dispostos a arcar com as conseqüências.

De que forma a internet interfere na dinâmica de organização dos movimentos sociais e de outras organizações da sociedade civil?

Do ponto de vista de sua organização – na medida em que os grupos são capazes de utilizar a rede, construir *sites* e criar listas de discussão –, o que a internet propicia aos movimentos sociais são benefícios relativos a custos de participação. É mais fácil e mais barato convocar os membros de um movimento para reuniões através da rede do que por telefone, dispensando, por exemplo, a existência de uma secretária. Também é mais fácil fazer com que os debates sejam mais objetivos graças a discussões de temas feitas previamente. Pode até ser dispensável a realização de reuniões tradicionais, que seriam substituídas por discussões *on-line*. Embora a internet tenha potencial para reduzir custos de participação, nunca será capaz de substituir as formas tradicionais de reivindicação dos movimentos sociais: articulação de grupos de pressão junto a órgãos de poder, protestos públicos, manifestações, passeatas.

Que poder de pressão política efetivo têm, por exemplo, as listas de discussão e os *e-mails* enviados a autoridades?

Se um indivíduo ou um grupo decide, por exemplo, organizar um boicote nacional via internet contra uma empresa que esteja comercializando combustível adulterado, o movimento pode crescer muito facilmente. Nesse caso, o poder de impacto da rede é inegável. Já os *e-mails* enviados a autoridades dificilmente são lidos, assim como grande parte das cartas endereçadas a parlamentares. Filtradas por assessores, muitas vão para o lixo e outras são respondidas com uma ou duas frases. Não há uma diferença real entre essas cartas e os *e-mails*.

Como o Estado deve participar da regulação do que circula na internet?

A liberdade de expressão é um bem público, um direito inalienável. O fato de a internet ser usada para veicular pornografia ou difundir ideologias de extrema direita, como o nazismo, não deve estimular o banimento desses conteúdos nem a criação de instrumentos de censura. Uma criança com capacidade para acessar uma *home-page* de conteúdo pornográfico pode, em princípio, ir a uma banca de revistas e adquirir publicações do gênero. Em relação ao conteúdo político, eu tendo a achar que 'liberdade de expressão' é 'liberdade de expressão'. Não é possível criar filtros para ela. No que diz respeito à educação infantil, o Estado e as empresas que fornecem conteúdo à rede devem desenvolver mecanismos técnicos que permitam às famílias deliberar sobre o tipo de material que deve ou não estar à disposição de seus filhos. ■

O **futuro** começa **agora.**

É pensando nele que os jovens apostam cada vez mais em uma educação melhor. Sobretudo em um país que cresce e se transforma em ritmo acelerado. Não perca tempo. Não jogue fora as oportunidades que aparecem à sua volta. Invista em quem está empenhado em lhe oferecer uma posição competitiva no mercado de trabalho.

A chave para o sucesso e a atualização permanente são cursos de especialização e aperfeiçoamento profissional.

Garanta também o seu futuro matriculando-se em um dos cursos de extensão apresentados neste encarte.

Universidade Federal Fluminense

Pós-graduação

Doutorado

Ciências Agrárias
Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal

Ciências da Saúde
Anatomia Patológica
Neurologia
Odontologia Social
Patologia Experimental

Ciências Exatas e da Terra
Física
Geociências- Geoquímica
Geologia e Geofísica Marinha
Química Orgânica

Ciências Humanas
Educação
História

Engenharias
Engenharia Metalúrgica

Lingüística, Letras e Artes
Letras

Mestrado

Ciências Agrárias
Cirurgia e Clínica Veterinária
Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal
Patologia e Reprodução Animal

Ciências Biológicas
Biologia Marinha
Neuroimunologia

Ciências da Saúde
Anatomia Patológica
Cardiologia
Neurologia
Odontologia Social
Patologia Buco-Dental
Patologia Experimental
Pediatria

Ciências Exatas e da Terra
Ciência Ambiental
Ciência da Computação
Computação Aplicada e Automação
Física
Geociências - Geoquímica
Geografia
Geologia e Geofísica Marinha
Matemática
Química Orgânica

Engenharias
Engenharia Civil
Engenharia de Produção
Engenharia Mecânica
Engenharia Metalúrgica
Profissionalizante em Sistemas de Gestão

Ciências Sociais Aplicadas
Comunicação, Imagem e Informação
Economia
Sociologia e Direito

Ciências Humanas
Antropologia
Ciência Política
Educação
História
Psicologia

Lingüística, Letras e Artes
Ciência da Arte
Letras

Especialização

Ciências da Saúde
Anestesiologia
Cardiologia
Ciência dos Medicam. de Alimentos
Cirurgia Geral
Cirugia Plástica Reparadora
Clínica Pediátrica Oncológica
Dentística Restauradora
Dermatologia
Doenças Infecciosas e Parasitárias
Doenças Sexualmente Transmissíveis
Educação em Saúde Pública
Endodontia
Endoscopia Digestiva Oncológica
Enfermagem do Trabalho
Enfermagem em Home Care
Enfermagem em Cuidados Intensivos
Enfermagem em Métodos Dialíticos
Enfermagem em Promoção de Saúde
Enfermagem Obstétrica e Ginecológica
Enfermagem Pediátrica
Gerência de Processos de Capacitação Profissional e de Serviços de Saúde
Gerontologia e Geriatria Interdisciplinar
Hematologia Clínica
Irradiação de Alimentos
Medicina do Trabalho
Medicina Tradicional Chinesa
Neurologia
Nutrição Clínica
Odontopediatria
Oftalmologia
Ortodontia e Ortopedia facial
Otorrinolaringologia
Patologia Clínica
Pediatria
Pneumologia
Prótese Dentária
Radiologia
Treinamento em Serviço para Farmacêuticos
Tocoginecologia

Ciências Exatas e da Terra
Geologia e Geofísica Marinha
Geotecnologia Aplicadas à Análise Ambiental de Bacias Hidrográficas
Internet, Interface e Multimídia
Organização Espacial do Rio de Janeiro
Planejamento Ambiental
Teoria e Prática de Conteúdo de Geografia

Ciências Humanas
A Dinâmica da e na Sala de Aula
Alfabetização de Crianças de Classes Populares
Clínica Transdisciplinar e Instituições Públicas
Construção do Conhecimento e Currículo
Educação Brasileira e os Movimentos Sindicais
Educação Especial
Educação Física Escolar
Educação Superior no Brasil: Atualidades e Perspectivas
Ensino de Ciências - Modalidades : Biologia, Ciências, Física e Matemática
Formação do Educador de Jovens e Adultos Trabalhadores
Fundamentos Transdisciplinares da Clínica Psicológica em Hospital Geral
Gênero e Saúde
História do Brasil
História Contemporânea: o Brasil e o Mundo do Século XIX ao Limiar do Século XXI
História e Cultura Antiga
Matemática para os Professores do Ensino Fundamental e Médio
Os Profissionais da Escola e as Práticas Curriculares
Políticas de Saúde Pública
Políticas Públicas de Justiça Criminal e Segurança Pública
Problemas Ambientais Regionais
Produção do Conhecimento na Escola Básica
Psicanálise
Raças, Etnias e Educação no Brasil
Serviço Social Contemporânea: Assistência e Trabalho Social
Serviço Social e Gestão de Políticas Sociais

Ciências Biológicas
Biologia Marinha

Lingüística, Letras e Artes
Leitura e Produção de Textos
Língua Espanhola e Literaturas Hispânicas
Língua Francesa e Literaturas Francófonas
Língua Portuguesa
Lingüística Aplicada: Ensino/Aprendizagem do Inglês como Língua Estrangeira
Literatura Brasileira
Literatura Infanto-Juvenil
Literaturas de Língua Inglesa
Literaturas e Culturas de Língua Portuguesa: Portugal e África
Tradução Francês

Ciências Sociais Aplicadas
Administração de Sistemas de Informações
Administração Empresarial
Arquitetura e Urbanismo de Projetos Educacionais
Contabilidade e Auditoria
Controladoria e Finanças
Direito da Administração Pública
Direito Privado
Planejamento, Organização e Direção de Arquivos
Planejamento e Operação de Sistemas de Informação na Internet

Engenharias
Engenharia Econômica e Financeira
Engenharia de Segurança do Trabalho
Estratégia Industrial e Gestão de Negócios
Gerência de Tecnologia e Computação
Gestão Operacional de Rodovias
Gestão pela Qualidade Total
Serviços em Telecomunicações
Telemática

Informações: Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação
Rua Miguel de Frias nº 09 - 3º andar - Icaraí - Niterói - RJ CEP 24220-000
Telefones e fax- Diretos (0xx21) 621-2249 /717-1574/620-6419 /704-2052/704-2048/704-2054
http://www.propp.uff.br propp@propp.uff.br/pagina@propp.uff.br

PÓS-GRADUAÇÃO

LATO SENSU

UFLA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

FAEPE
FUNDAÇÃO DE APOIO AO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

ALEJANDRO

Informações
Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão
DAT - Caixa Postal 3142 - Campus da UFLA
37200-000 - Lavras - MG
Tel.: (0xx) 35 3829-1200 / 3829-1201 / 3829-1808
3829-1809 / 3829-1810 / 3829-1811 / 3829-1812
3829-1813 / 3829-1814.
Fax: (0xx) 35 3821-1106 / 3821-4626.
E-mail: faepe@ufla.br - http://www.ufla.br/faepe
http://www.openufla.com.br

CURSOS:

- Nutrição Humana e Saúde
- Processamento e Controle de Qualidade em Carne, Leite, Ovos...
- Gestão Agroindustrial
- Fruticultura Comercial
- Administração Rural
- Gestão de Programas de Reforma Agrária e Assentamento
- Piscicultura
- Gerenciamento de Micro e Pequenas Empresas
- Solos e Meio Ambiente
- Biologia
- Produção de Ruminantes
- Informática em Educação
- Cultura de Tecidos Vegetais: Tecnologia e Aplicações
- Manejo de Doenças de Plantas
- Farmacologia - Atualização e Novas Perspectivas
- Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Agrícolas
- Fontes Alternativas de Energia
- Produção e Tecnologia de Sementes
- Gestão e Manejo Ambiental na Agroindústria
- Máquinas Agrícolas: Projetos, Aplicações e Regulagens
- Química
- Ecoturismo: Interpretação e Educação Ambiental
- Manejo de Florestas Plantadas e Florestas Nativas
- Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Florestais
- Matemática e Estatística
- Sistemas Pressurizados de Irrigação
- Eletricidade na Agropecuária: Qualidade e Conservação
- Plantas Ornamentais e Paisagismo
- Plantas Medicinais: Manejo, Uso e Manipulação
- Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças: Manutenção e Qualidade
- Cafeicultura Empresarial: Produtividade e Qualidade
- Educação Especial para Talentosos e Bem Dotados
- Bovinocultura Leiteira: Manejo, Mercado e Tecnologias

1º SEMESTRE 2001 — **ESPECIALIZAÇÃO A DISTÂNCIA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Um terço de nossos programas de pós-graduação é considerado de excelência internacional (Avaliação da CAPES)

75 anos de excelência no Ensino, na Pesquisa e na Extensão

Pós-Graduação

STRICTO SENSU

- Agroquímica MS
- Bioquímica Agrícola MS/DS
- Botânica MS
- Ciência da Nutrição MS
- Ciência Florestal MS/DS
- Ciência e Tec. Alimentos MS/DS
- Economia Doméstica MS
- Economia Rural MS/DS
- Engenharia Agrícola MS/DS
- Engenharia Civil MS
- Entomologia MS/DS
- Extensão Rural MS
- Física Aplicada MS
- Fisiologia Vegetal MS/DS
- Fitopatologia MS/DS
- Fitotecnia MS/DS
- Genética e Melhoramento MS/DS
- Medicina Veterinária MS
- Meteorologia Agrícola MS
- Microbiologia Agrícola MS/DS
- Solos e Nut. de Plantas MS/DS
- Zootecnia MS/DS

LATO SENSU

- Administração Rural ABEAS/UFV
- Ciência da Computação
- Dança Educativa Moderna
- Educação
- Engenharia e Manejo da Irrigação ABEAS/UFV
- Fertilidade e Manejo do Solo ABEAS/UFV
- Gestão de Recursos Hídricos para o Desenv. Sustentado de Projetos Hidroagrícolas ABEAS/UFV
- Gestão Empresarial (Profissional)
- Gestão Estratégica
- Lingüística Literatura Comparada
- Manejo da Agricultura Irrigada
- Clínica e Cirurgia Veterinárias
- Nutrição e Saúde
- Planejamento Municipal
- Proteção de Plantas ABEAS/UFV
- Tecnologia de Celulose e Papel
- Treinamento Desportivo

Inscrições: até 15 de maio e até 15 de setembro

Universidade Federal de Viçosa - www.ufv.br
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - Tel. (0xx31) 3899 2147, 2146 - FAX. (0xx31) 3899 2492
Campus Universitário - 36.571-000 - Viçosa - MG

Arte: Márcio Jacob/UFV

Universidade Federal de Uberlândia
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Fone: (0**34)3239-4131
http://www.propp.ufu.br E-mail: propp@ufu.br

EXCELÊNCIA EM PÓS-GRADUAÇÃO

CURSOS REGULARMENTE OFERECIDOS:

Pós-Graduação em Agronomia (Mestrado)
Fone(0**34)3218-2540 E-mail:posagro@ufu.br

Pós-Graduação em Ciencias Veterinárias (Mestrado)
Fone:(0**34)3218-2494
E-mail: mmedvet@ufu.br

Pós-Graduação em Clínica Médica (Mestrado)
Fone: (0**34)3218-2389 E-mail: copme@ufu.br

Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico (Mestrado)
Fone:(0**34)3239-4315 E-mail: ppge@ufu.br

Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais (Mestrado) Fone/Fax: (034)3218-2243
E-mail:ecologia@umuarama.ufu.br

Pós-Graduação em Educação(Mestrado)
Fone:(0**34)3239-4212 E-mail:mestreduca@ufu.br

Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (Mestrado e Doutorado)
Fone: (0**34)3239-4180 E-mail: copel@ufu.br

Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (Mestrado e Doutorado)
Fone: (0**34)3239-4149
E-mail: secposmec@mecanica.ufu.br

Pós-Graduação em Engenharia Química (Mestrado)
Fone: (0**34)3239-4249
E-mail:deenq@ufu.br

Pós-Graduação em Genética e Bioquímica (Mestrado e Doutorado)
Fone:(0**34)3218-2476 E-mail: cogeb@ufu.br

Pós-Graduação em Geografia (Mestrado)
Fone: (0**34)3239-4381 E-mail: posgeo@ufu.br

Pós-Graduação em História (Mestrado)
Fone: (0**34)3239-4395
E-mail:ccmhis@ufu.br

Pós-Graduação em Imunologia e Parasitologia Aplicadas (Mestrado e Doutorado)
Fone: (0**34)3218-2333 E-mail:coipa@ufu.br

Pós-Graduação em Lingüística (Mestrado)
Fone: (0**34)3239-4102E-mail: copli@ufu.br

Pós-Graduação em Odontologia (Mestrado)
Fone: (0**34)3218-2550
E-mail:cocod@umuarama.ufu.br

Pós-Graduação em Química (Mestrado)
Fone: (0**34)3239-4385 E-mail: cpgquimica@ufu.br

Informações nas Coordenações dos Cursos

Universidade do Vale do Paraíba

UniVap
Universidade do Vale do Paraíba

IPD
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento

INIC 2001

V Encontro de Iniciação Científica

EPG 2001
I Encontro de Pós-Graduação

Realização: 17, 18 e 19 de outubro

Local: Pavilhão de Eventos Univap - Campus Urbanova

Datas limite: envio de resumos até 30/5 • envio de trabalhos completos até 30/6

ENDEREÇO PARA ENVIO DOS RESUMOS e ou TRABALHOS COMPLETOS: inic2001@univap.br

Apoio: FAPESP CNPq

INFORMAÇÕES E INSCRIÇÕES:
Tel.: (12) 347.1015 - E-mail: inic2001@univap.br - www.univap.br

UCS
UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

CURSOS DE MESTRADO

TURISMO
BIOTECNOLOGIA
DIREITO

- RECOMENDADOS PELA CAPES -

INFORMAÇÕES E INSCRIÇÕES

PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 - 95070-560 - Caxias do Sul - RS
Fone/Fax: (54) 218 2220 - E-mail: escosta@ucs.tche.br

COPPE

Mestrado e Doutorado

38 anos de Ciência e Tecnologia para o Brasil

A COPPE está comemorando 38 anos de existência. O maior Centro de Ensino e Pesquisa em Engenharia da América Latina possui um corpo docente formado por 273 professores doutores, um complexo de 105 laboratórios equipados com as mais modernas tecnologias e convênios com universidades e institutos de pesquisas de vários países.

A COPPE destaca-se como centro irradiador de conhecimento, mão-de-obra e métodos de ensino para universidades de toda a América do Sul. O padrão de excelência se reflete na produção acadêmica. Anualmente são defendidas na instituição, em média, 110 teses de doutorado e 300 de mestrado, índice comparável aos principais centros de ensino e pesquisa do mundo.

A instituição oferece ainda aos seus três mil alunos a oportunidade de participar de projetos desenvolvidos em parceria com empresas privadas, nacionais e estrangeiras, e com órgãos governamentais.

Em agosto de 2001 a COPPE estará com inscrições abertas para os cursos de mestrado e doutorado em seus 12 programas e áreas interdisciplinares. Os candidatos estarão concorrendo a bolsas oferecidas pela CAPES e pelo CNPq.

Programas de Engenharia

• Química • Mecânica • Elétrica • Biomédica
• Metalúrgica e de Materiais • Civil • Transportes
• Produção • Oceânica • Nuclear
• Sistemas e Computação • Planejamento Energético

Áreas Interdisciplinares

• Computação de Alto Desempenho • Engenharia Ambiental
• Materiais Compósitos • Telecomunicações
• Tecnologia para Explotação dos Recursos do Mar
• História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia

COPPE/UFRJ
Cidade Universitária, Centro de Tecnologia, Caixa Postal 68501
Rio de Janeiro, RJ 21945-970
Tels.: (21) 562.7059 e 562.7060 Fax: (21) 290.6626
E-mail: subdirac@adc.coppe.ufrj.br Home-page:

(Em 2 anos)

RECOMENDADO PELA CAPES/MEC

O melhor para o profissional que você já é.

Pós-graduação na Unaerp.

MESTRADO

Direito
- Constituição e Processo
- Integração e Relações Empresariais

Odontologia
- Endodontia

Informações
Odontologia
(16) 603-6781
Direito
(16) 603-6729

UNAERP

Av. Costábile Romano, 2201 14096-380 Ribeirão Preto SP www.unaerp.br

---

UNIVERSIDADE DO RIO DE JANEIRO
UNIRIO

Pro-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Telefax.: (0xx21) 543 3116
gabinete: gabpropg@unirio.br
DPGraduação: propgdpg@unirio.br
http::\\www.unirio.br

PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
Enfermagem (nível: Mestrado)
Rua Dr. Xavier Sigaud, 290 - Urca - Tel.: (0xx21) 542-6498
e-mail: ccbs-ppgenf@unirio.br
Memória Social e Documento (nível: Mestrado)
Av. Pasteur, 458 - Urca - Tel.: (0xx21) 542 8237
e-mail.: cchppgmemo@unirio.br
Música (níveis: Mestrado e Doutorado)
Av. Pasteur, 436 - Urca - Tel: (0xx21) 295-6096
e-mail: cla-ppgm@unirio.br
Teatro (níveis: Mestrado e Doutorado)
Av. Pasteur, 436 - Urca - Tel.: (0xx21) 295-6096
e-mail: cla-ppgt@unirio.br

PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS-Alergologia e Imunologia
Anestesiologia - Anestesia Geriátrica - Cardiologia - Cirurgia Geral
Clínica Médica - Dermatologia - Endocrinologia - Gastroenterologia
Ginecologia - Medicina Familiar - Medicina Nuclear - Nefrologia
Neurologia - Obstetrícia - Oftalmologia - Pediatria - Pneumologia
Reumatologia - Tocoginecologia - Urologia -Centro de Letras e Artes
Educação Estética

Congelando a luz no interior da matéria

Dois experimentos recentes conseguiram armazenar um pulso de luz dentro de uma amostra de átomos por um intervalo de tempo que é virtualmente infinito se comparado com aqueles normalmente envolvidos na transmissão desses pulsos. É como se a luz tivesse sido congelada dentro da matéria, para ser, algum tempo depois, descongelada, permitindo assim a continuidade de sua propagação. Os trabalhos foram publicados nas revistas ***Nature* (vol. 409, p. 490)** e ***Physical Review Letters* (86, 783, 2001)**.

A ciência moderna vem nos surpreendendo com sua habilidade de controlar grandezas físicas que até há pouco tempo considerávamos como incontroláveis. Manipular átomos de forma precisa, usando luz para acelerá-los ou para reduzir sua velocidade até os limites possíveis, é um exemplo dessa recente habilidade. Manipular a luz através de sua interação com a matéria, de forma a poder usar suas propriedades para armazenar e transmitir informações por meio de fibras ópticas, é outro feito dessa revolução.

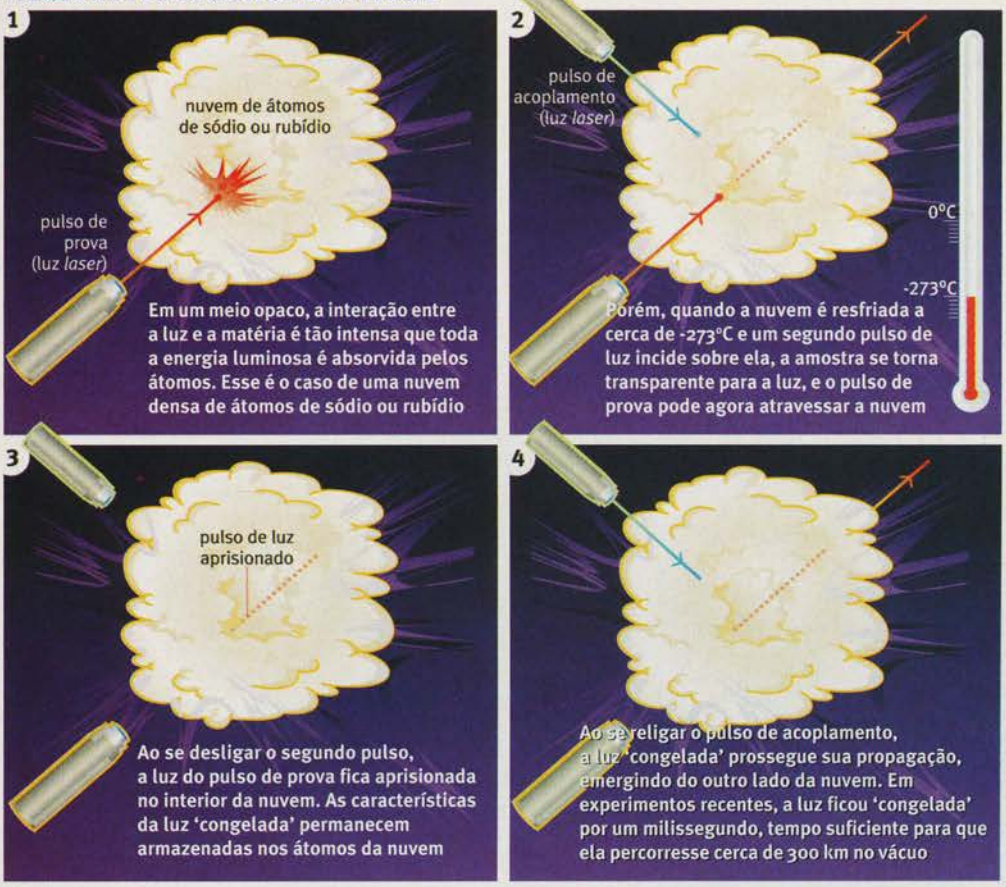
Mas agora uma façanha muito mais impressionante foi realizada por dois grupos independentes: a luz foi 'congelada' dentro de uma amostra de átomos para, em seguida, ser 'descongelada', permitindo a continuidade de sua propagação. O primeiro desses grupos, do Instituto Rowland, em Cambridge, Massachusetts (Estados Unidos), apresentou seus resultados em um número recente na revista *Nature*. O segundo, da Universidade de Harvard, também em Cambridge, publicou seu artigo na edição de janeiro da *Physical Review Letters*.

Para compreender esses experimentos, é necessário primeiramente entendermos a luz, os átomos e como eles interagem entre si. Inicialmente, vamos fazer algumas considerações gerais. A luz nada mais é do que uma composição de campos elétricos e magnéticos que oscilam no espaço e no tempo, conseguindo assim se propagar com altíssima velocidade (300 mil km/s no vácuo). Em muitos casos, essas oscilações, do chamado campo eletromagnético, podem ser agrupadas no espaço, produzindo o chamado pulso de luz. Neste, a energia é espacialmente localizada e se propaga com uma velocidade (denominada de velocidade de grupo) que pode ser tão alta quanto a de seus componentes. No que vamos descrever, usam-se pulsos de luz em vez de um contínuo de luz.

Os átomos, por sua vez, apresentam uma estrutura interna (níveis de energia) na qual toda a sua energia eletrônica é armazenada. Os estados do átomo interagem com o campo de luz, promovendo também oscilações energéticas no átomo, pois há uma constante troca de energia entre o campo de luz e o átomo.

Assim, é possível usar as oscilações do campo de luz para promover oscilações nos átomos. Quando a luz se propaga por um meio material, ela sofre alterações, devido a essa constante troca de energia com os átomos da matéria. Uma característica bastante afetada é sua velocidade – tudo isso é normalmente resumido pelo chamado índice de refração. Em alguns casos, essa interação pode ser tão elevada que o meio material não pode mais propagar luz, e aí dizemos que o meio é opaco. Isso, em geral, acontece quando temos muitos átomos interagindo com a luz, absorvendo toda a sua energia.

RECEITA PARA CONGELAR A LUZ



A existência de processos de dissipação de energia nos átomos faz com que toda a energia seja retirada do feixe original de luz, destruindo dessa forma todas as suas características iniciais, ou seja, o pulso original de luz é aniquilado. É possível, no entanto, contornar essa situação de opacidade, usando a própria luz.

Imagine um pequeno pulso de luz (que chamaremos pulso de prova) tentando se propagar em uma porção de átomos que forma um meio opaco. Toda a sua energia é transferida para o meio atômico, e a luz não pode se propagar por ele. Se colocarmos um segundo pulso de luz (pulso de acoplamento) – com características adequadas que interfiram com o sistema atômico, de modo a anular de forma coerente a interação do primeiro pulso com os átomos –, ele agora poderá se propagar.

Em resumo, estamos induzindo uma transparência em um meio originalmente opaco. Esse processo é chamado Transparência Eletromagnética Induzida – e conhecido pela sigla TEI. Esse fenômeno nos permite manipular as características de transmissão da luz por um meio material ou, em outras palavras, permite modificar o índice de refração da amostra.

Os experimentos recentemente publicados usam exatamente essas propriedades para congelar a luz no interior de uma amostra atômica. Imagine a seguinte situação: uma amostra de átomos localizados em uma pequena região do espaço, tendo comprimento da ordem de 300 milionésimos de metro (ou 300 micrometros). Sobre ela, incidimos um pulso de luz de tamanho da ordem de 3,4 km, que corresponde a um pulso de duração temporal de aproximadamente 10 milionésimos de segundo (ou 10 microssegundos) – 3,4 km é a distância aproximada que esse pulso percorreria em 10 microssegundos. O meio é opticamente denso, ou seja, opaco, e normalmente o pulso será destruído, não emergindo do outro lado da amostra.

Adicionamos, então, um segundo feixe de luz (pulso de acoplamento), tornando o meio parcialmente transparente, e, apesar do pulso de prova ser retardado (isto é, ter sua velocidade diminuída), ele emerge do outro lado depois de algum tempo. Devido ao retardamento de velocidade do pulso de prova durante a interação com o meio, ele sofre uma compressão espacial, de modo que seu tamanho fique efetivamente do tamanho da amostra.

Assim, por um instante apenas, o pulso está totalmente no interior da amostra. Nesse intervalo temporal, usando mecanismos externos, o feixe de acoplamento é desligado, e a amostra se torna repentinamente opaca, antes de o pulso de prova emergir. É como se o índice de refração, repentinamente, se tornasse infinito. Ou seja, todo aquele processo de interferência oscilatória, que torna o meio transparente e envolve os dois campos de luz e os átomos, é interrompido.

Nesse instante, apesar de o meio não ser mais transparente, todas as características oscilatórias do feixe de prova ficaram armazenadas nas oscilações energéticas dos átomos que formam a amostra, como descrito acima.

O resultado é que o feixe de prova foi trazido efetivamente ao repouso dentro da amostra. O pulso pode permanecer nesse estado congelado por algum tempo, até que os processos naturais de dissipação de energia destruam o que foi 'armazenado' pelas oscilações.

Nos experimentos em questão, esse tempo é de cerca de um milésimo de segundo (um milissegundo), tempo que pode ser considerado uma 'eternidade' face ao tempo de duração do pulso – nesse intervalo, o pulso teria percorrido uma enorme distância se estivesse se propagando no vácuo, algo como 300 km. Em algum instante dentro desse um milissegundo de espera, o feixe

FOTO: CHAN ET AL.

laser de acoplamento é novamente religado, e o processo todo recomeça e, como toda informação do feixe de prova continua armazenada nos átomos, ele agora recomeça sua propagação, emergindo do outro lado da amostra, só que retardado por uma virtual eternidade.

Em uma linguagem um pouco mais científica, diríamos que, quando o pulso de prova penetrou na amostra, ele se transformou em um padrão de interferência quântica impresso nos átomos, ou seja, toda informação relevante para reconstrução do pulso ficou armazenada nos átomos através de uma íntima relação com os estados quânticos atômicos. Quando o feixe de acoplamento voltou ao cenário, ele viabilizou a recolocação dessa energia no feixe original. A cena pode ser bem imaginada como o pulso sendo congelado por algum tempo e depois tornado fluido outra vez para continuar seu curso naturalmente.

Fantástica demonstração daquilo que considerávamos irrealizável: parar efetivamente um pulso de luz, sem destruí-lo. Além da inquestionável demonstração da capacidade da ciência, os autores dos trabalhos sugerem que esse tipo de efeito poderia ser usado para controlar o fluxo de informações que um feixe de luz pode carregar, fato que, talvez, venha a ser relevante para a chamada computação quântica (máquinas que, com base nas propriedades quânticas dos átomos e das moléculas, teria uma velocidade de processamento espantosamente superior à dos computadores atuais). Mas, por enquanto, essas possibilidades ficam no campo das hipóteses, aguardando demonstrações.

Vanderlei Salvador Bagnato e **Luís Gustavo Marcassa**
Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo

ENGENHARIA GENÉTICA

MACAQUINHO TRANSGÊNICO

Depois de várias linhagens de ratinhos transgênicos, agora é a vez dos macacos. O primeiro primata transgênico não-humano foi obtido por pesquisadores norte-americanos e recebeu o nome ANDi (sigla, em inglês, que, lida ao contrário, significa 'DNA inserido'). A técnica poderá servir como modelo experimental para estudar doenças como diabetes, câncer de mama, Parkinson, Aids, entre outras.

ANDi, um macaco *rhesus*, nasceu de um óvulo que recebeu um gene extra, sendo o embrião introduzido em uma mãe de aluguel. Porém, sua obtenção não foi tarefa fácil para os pesquisadores do Centro de Pesquisas com Primatas da Universidade de Portland (Estados Unidos): o gene extra foi introduzido em 224 óvulos, sendo que 40 deles se tornaram embriões. Destes, cinco gravidezes foram obtidas e três resultaram em nascimentos. Porém, dos três filhotes – um não sobreviveu –, apenas ANDi foi confirmado como transgênico.

O material que ANDi carrega em seu código genético consiste em um único gene, denominado marcador, que poderá ser acompanhado, ao longo de seu desenvolvimento, por processos não-invasivos, como ressonância magnética ou tomografia de emissão de pósitrons.

Os pesquisadores esperam agora obter outros primatas que carreguem genes associados a outras doenças que afetam humanos. "Poderíamos facilmente introduzir genes associados à doença de Parkinson [doença neurológica degenerativa] para acelerar o desenvolvimento de uma vacina", disse Gerald Schatten, um dos autores, que há cerca de um ano anunciou o obtenção da fêmea Tetras, o primeiro primata clonado de um embrião em processo de divisão. Por enquanto, ANDi passa bem e brinca com seus companheiros de jaula.

***Science*, 12/01/01**

FÍSICA NUCLEAR

UM PAR MISTERIOSO

Pesquisadores do Laboratório Nacional Oak Ridge (Estados Unidos) acreditam ter observado experimentalmente um fenômeno previsto há décadas: a 'expulsão' simultânea de um par de prótons por um núcleo atômico.

A emissão (ou decaimento radioativo) de um único próton não é novidade. Porém, o fenômeno envolvendo um par dessas partículas até agora não contava com evidências experimentais.

Para o estudo, foram usados átomos do gás nobre neônio 18 (o numeral representa a soma de prótons e nêutrons no núcleo desse elemento), obtido ao se bombardear átomos de flúor contra alvos ricos em hidrogênio.

Se confirmado, o fenômeno deverá ajudar a entender a chamada força forte, responsável por manter coeso o núcleo dos átomos. É, no entanto, possível que a natureza esteja mais uma vez blefando, e o par não esteja sendo emitido simultaneamente – nesse caso, o processo, já conhecido, é denominado emissão democrática.

Um dos autores, Alfredo Galindo-Uribarri, se diz esperançoso por comprovar esse decaimento com a chegada, no ano que vem, de um novo detector a Oak Ridge.

***Physical Review Letters*, 01/01/01**

ANTROPOLOGIA

VIEMOS DA ÁFRICA?

Dois estudos recentes puseram em xeque a tese, largamente aceita, de que a origem dos hominídeos se deu no continente africano. A partir daí, segundo a mesma tese, eles teriam substituído populações menos adaptadas, como os neandertais, que viviam na Europa e na Ásia, para gerar o homem moderno.

O primeiro estudo, feito na Universidade Nacional Australiana, analisou o código genético (DNA) de mitocôndrias ('fábricas' de energia das células), extraídas de um fóssil australiano denominado Homem de Mungo, descoberto em 1974 e datado entre 56 mil e 68 mil anos atrás. A conclusão do estudo é que o homem moderno (*Homo sapiens sapiens*) teria evoluído de ancestrais não-africanos, contrariando a hipótese consensual conhecida como 'Out of Africa' (saído da África).

Alan Thorne, líder da equipe, concluiu que o material genético extraído não tem ligação com nenhum outro fóssil humano encontrado no resto da Terra. Segundo ele, o único modo de explicar essa discrepância é aceitar que o homem moderno tenha surgido simultaneamente em várias partes do planeta. O estudo, porém, foi rejeitado pela revista científica *Nature*. Motivo: suspeita-se que não foram tomados os devidos cuidados para evitar a contaminação do código genético extraído do fóssil, o que os autores negam.

No entanto, na mesma semana, outro trabalho, desta vez aceito para publicação, desferiu o segundo golpe contra a hipótese 'Out of Africa'. Coordenado pelo antropólogo Milford Wolpoff, da Universidade de Michigan, em Ann Arbor (Estados Unidos), o estudo comparou crânios modernos e antigos, concluindo que o homem moderno é produto do cruzamento entre várias espécies de hominídeos es – como afirma o estudo australiano – surgiu simultaneamente em várias regiões da Terra.

Science, 12/01/01

BIOLOGIA

VENENO PARA O CORAÇÃO

Aranhas são geralmente temidas por suas picadas. Mas agora o veneno de uma espécie poderá ajudar a salvar vidas. Pesquisadores norte-americanos afirmam que um peptídeo ('pedaço' de proteína) isolado da tarântula (*Grammostola spatulata*) pode parar o movimento caótico comum ao coração, também chamado fibrilação do átrio (câmaras de entrada do coração), complicação que chega a causar derrame em 15% dos portadores humanos.

O experimento, feito por Frederick Sachs e colegas, da Universidade do Estado de Nova York, em Buffalo (Estados Unidos), usou coelhos para os testes. O peptídeo, denominado GsMtx-4, bloqueia canais responsáveis pela captação de átomos ou moléculas (íons) vitais ao funcionamento do coração.

A descoberta poderá ajudar na criação de uma nova classe de drogas que tratará principalmente as causas do derrame, em vez de seus sintomas.

Nature, 04/01/01

MEDICINA

OBESIDADE E DIABETES

A descoberta de um novo tipo de proteína parece ligar a obesidade ao diabetes tipo 2, a forma mais comum dessa doença, na qual o portador tem problemas com o acúmulo de glicose no sangue e sua conseqüente excreção pela urina. Suspeita-se há muito dessa ligação, mas a comprovação experimental tem se mostrado difícil.

A resistina, nome dado à proteína, é produzida por tecidos gordurosos e foi identificada por pesquisadores da Escola de Medicina da Universidade da Pensilvânia (Estados Unidos), em estudos feitos com camundongos.

Segundo a pesquisa, os níveis da proteína se mostraram mais altos em camundongos em que o diabetes é herdado geneticamente – esses animais ingeriram uma dieta especial para induzir o surgimento da doença. O estudo também mostrou que drogas comumente usadas para combater o diabetes tipo 2 diminuem a concentração de resistina nos animais, bem como a administração de anticorpos contra a proteína melhora o nível de açúcar no sangue e a ação da insulina nos camundongos.

A evidência sugere que a resistina é um importante fator de ligação entre a obesidade e o diabetes tipo 2, mas Jeffrey Flier, do Centro Médico Beth Israel Deaconess, em Boston (Estados Unidos), que comentou o artigo na mesma edição da revista, alerta para o fato de que várias questões sobre esse vínculo precisam ser respondidas.

Nature, 18/01/01

PALEONTOLOGIA

DINOSSAURO 'ROQUEIRO'

Mark Knopfler, guitarrista do grupo de rock Dire Straits, recebeu em janeiro último uma homenagem, no mínimo, peculiar: uma nova espécie de dinossauro foi batizada em sua homenagem. O *Masiakasaurus knopfleri*, um terópode incomum, viveu em Madagascar no fim do período Cretáceo (entre 65 milhões e 70 milhões de anos atrás).

A descoberta foi feita pela equipe de Scott Sampson, do Museu de História Natural de Utah e da Universidade de Utah, em Salt Lake City (Estados Unidos). O *M. knopfleri* tem cerca de 1,8 m de comprimento, com dentes proeminentes, que saem quase de forma horizontal da mandíbula. Animais modernos com esse tipo de dentição são, em geral, insetívoros. Porém, a dieta da nova espécie ainda não foi desvendada, embora a forma dos dentes sugira uma divergência em relação à dieta típica dos teropódes.

Os *M. knopfleri* são parentes dos abelissauros, que viveram na Argentina, Madagascar e Índia, que formavam a parte sul do supercontinente conhecido como Gondwana.

Fica a pergunta: por que Mark Knopfler? O artigo diz apenas que sua música "inspirou os membros da expedição".

Nature, 25/01/01

FÍSICA

FÓTONS SOLITÁRIOS

Uma equipe de pesquisadores dos Estados Unidos e da Turquia desenvolveu um método para produzir partículas de luz (fótons) isoladas.

O método para produzir fótons solitários é um passo fundamental para se implementar a chamada criptografia quântica, técnica que tornaria praticamente inviolável a mensagem enviada com o auxílio dessas e de outras partículas. Se a partícula fosse interceptada, isso deixaria uma 'marca' na mensagem e assim se saberia que ela sofreu algum tipo de intervenção indesejada.

O artefato, à base de pulsos de luz *laser*, foi desenvolvido por pesquisadores da Universidade da Califórnia, Santa Bárbara (Estados Unidos), e da Universidade Sabanci (Turquia). "A realização de uma fonte como essa tem sido considerada um tipo de 'Santo Graal' pela pesquisa em eletrônica quântica", afirma o estudo.

Science, 22/12/00

Cientistas australianos e norte-americanos alegam ter identificado o pedaço sólido terrestre mais antigo até agora, com idade aproximada de 4,4 bilhões de anos. A análise das amostras sugere que, cerca 100 milhões de anos depois da formação da Terra, já existiam nela continentes e oceanos, e não só um manto de magma derretido, como sustenta a hipótese mais aceita.

Um teste clássico de toxicidade que envolve a morte de metade das cobaias testadas foi banido pelo grupo das 29 nações mais ricas do mundo, Razão: excesso de crueldade com os animais. O LD50 (em inglês, dose letal a 50%) é usado para testar o potencial tóxico de substâncias químicas. Será substituído por um que envolve, no máximo, nove cobaias, sem que todas morram nos experimentos.

A alteração do gene denominado Indy (sigla, em inglês, 'I'm not dead yet', ou seja, 'eu ainda não estou morto') em moscas-das-frutas prolonga em cerca de 40% a vida fértil das fêmeas desse inseto, segundo estudo da Universidade de Connecticut (Estados Unidos). Nenhuma outra alteração fisiológica ou comportamental foi identificada pelos pesquisadores.

O meteorito marciano ALH-84001 ainda desperta polêmicas sobre a existência ou não de vida no planeta. Agora, pesquisadores da empresa Lockheed Martin (Estados Unidos) alegam que 27% dos cristais do meteorito são indistinguíveis de cristais semelhantes produzidos por bactérias terrestres. Mais detalhes em www.gps.caltech.edu/faculty/kirschvink

A *Helicobacter pylori*, associada à úlcera estomacal em humanos, foi a primeira bactéria a ter seu mapa de proteínas (proteoma) traçado. O estudo, da empresa francesa Hybrigenics, revelou a interação entre 1.200 proteínas desse organismo.

O ozônio presente na poluição causa asma em crianças. A hipótese é de pesquisadores da Universidade da Califórnia, em Davis (Estados Unidos). Na exposição a essa molécula com três átomos de oxigênio, macacos apresentaram sintomas similares aos das crianças portadoras da doença.

Os primeiros bebês nascidos de óvulos e espermatozóides congelados vieram ao mundo em Cingapura no final do ano passado. A técnica é uma esperança para casais em que ambos têm problemas de infertilidade.

O teste de análise de conteúdo mineral dos cabelos, comumente usado por adeptos da chamada medicina ortomolecular para avaliar o estado de saúde de uma pessoa, é pouco confiável, conforme estudo norte-americano. Fios de cabelos de um indivíduo saudável foram enviados a seis laboratórios para análise. As dietas e os tratamentos recomendados, segundo os autores, eram conflitantes.

Cássio Leite Vieira • *Ciência Hoje*/RJ

Quer conhecer os limit
da realidade? Leia e

A melhor revista de divulgação científica para crianças. Apresenta diversas matérias e brincadeiras que ensinam ciência de uma maneira muito divertida e educativa.

CIÊNCIA HOJE das crianças

Troque uma idéia com ela

A melhor e mais completa revista de divulgação científica do país.

ciência hoje

Aventure-se no conhecimento

CIÊNCIA HOJE na escola

Volumes temáticos para auxiliar o professor e o aluno com o ensino e o aprendizado de ciências. Todos apresentam matérias e experiências para tornar a leitura ainda mais interessante e divertida.

Patrocínio

Fundação Bradesco

SBPC

O melhor companheiro para as pesquisas escolares. Uma viagem da Terra ao Espaço. Um presente inesquecível para todas as crianças.

MÁQUINA Maluca

es da ficção científica e assine Ciência Hoje.

As páginas deste completo laboratório de ciência trazem até você as maiores aventuras do conhecimento e as mais incríveis descobertas. A Ciência Hoje é a melhor revista de divulgação científica do país. A única que conta com especialistas nas mais diversas áreas, sempre contribuindo com matérias inéditas, pesquisas e experiências intrigantes, numa linguagem acessível e dinâmica.

Em cada edição, novidades e notícias atualizadas sobre o que acontece no mundo científico, entrevistas com os melhores pesquisadores do país e do mundo e respostas para as principais dúvidas dos leitores.

LEIA E ASSINE A REVISTA CIÊNCIA HOJE e aventure-se no conhecimento.

Ligue grátis:
0800-264846
e dê o código CH70

cienciahoje
Aventure-se no conhecimento

Departamento de Assinaturas
Av. Venceslau Brás, 71 - casa 27
CEP 22290-140
Botafogo - Rio de Janeiro/RJ
Tel.: (021) 295-4846 / Fax:(021) 541-5342
www.ciencia.org.br

UM CASO DE IDENTIDAD

Os exames de DNA nos tribunais

Avanços científicos ocorridos nas últimas décadas alteraram as investigações policiais: se antes as impressões digitais e outras pistas eram usadas para desvendar os crimes, hoje pode-se extrair DNA de pequenas amostras de saliva ou sangue, por exemplo, e análises cuidadosas desse material ajudam, inclusive no Brasil, a identificar criminosos. O uso forense da tecnologia de 'tipagem' de DNA – como nos comentados processos de reconhecimento de paternidade – vem crescendo, mas sua credibilidade depende da adoção de regras rígidas para a coleta e o tratamento das amostras.

Franklin David Rumjanek e **Concy Maya Caldeira Rinzler**
Departamento de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro

O detetive que investigava o roubo de um disquete de computador com dados vitais para a empresa examinou o arquivo arrombado e notou a pequena mancha de sangue no tapete, logo abaixo da gaveta aberta. "O caso", pensou, "estará resolvido em questão de horas". Pouco depois, um perito, usando luvas e máscara para evitar contaminação do material, colheu cuidadosamente o sangue coagulado. Em cerca de 30 minutos o DNA do sangue foi extraído, em um dispositivo portátil, e colocado em outro pequeno aparelho, no minilaboratório instalado em uma van da polícia, para ser amplificado. Isso consumiu cerca de 60 minutos, o suficiente para que todos tomassem um café. Em seguida, o DNA amplificado foi injetado em um analisador, do tamanho de um telefone celular, que em segundos produziu um resultado, passado ao detetive. Este telefonou para o delegado e informou: "O ladrão é um homem louro, de olhos azuis e pele clara, com tipo sangüíneo B negativo. Temos ainda mais 13 marcadores para comparação, quando encontrarmos um suspeito." Os dados sobre aparência e tipo sangüíneo coincidiam com os de um dos sócios da firma. No mesmo dia, confrontado com a acusação, ele confessou o roubo.

A trama acima foi inventada, mas a parte técnica não é ficção. O procedimento é esse e os equipamentos mencionados já existem. Embora ainda estejam em fase de testes, os aparelhos descritos farão parte, em breve, do equipamento rotineiro dos peritos em análise de DNA para aplicações forenses. Esse será o 'estado da arte' por algum tempo, mas é provável que em poucos anos, como sucede com a informática, esse pequeno conto policial tenha que ser alterado para manter-se em compasso com a velocidade vertiginosa de produção de conhecimento na área de biologia molecular.

O filme de ficção científica *GATAACA*, exibido há pouco tempo, explorou esse mesmo cenário, dando ênfase ao fato de que a identificação de indivíduos através das impressões digitais será em breve substituída pela chamada 'tipagem' de DNA. Na verdade, o filme vai além e pinta um cenário social pessimista, na linha dos escritos de Aldous Huxley e George Orwell, mas a tecnologia para identificação biológica aludida nessa obra ficcional não está muito distante da realidade.

Todos os avanços tecnológicos disponíveis hoje nesse campo estão interligados por alguns princípios comuns. Apesar da aparente complexidade, as análises de DNA para investigação de identidade e paternidade são realizadas de modo relativamente simples, com base nesses princípios.

Variações de DNA e sondas moleculares

A molécula de DNA, formada por milhões de nucleotídeos em cadeia, sofre às vezes alterações, chamadas de mutações, com a substituição de certos nucleotídeos por outros diferentes. As mutações são mais toleradas quando acontecem em regiões não-codificantes do DNA, trechos sem informação útil que constituem cerca de 90% do genoma. Muitas vezes, as substituições tornam-se estáveis, sendo transmitidas aos descendentes. Como é muito grande a variação no número e no tipo de mutações estáveis no DNA – fenômeno conhecido como 'polimorfismo' genético –, é possível identificar uma pessoa com base no seu padrão de polimorfismo.

Para reconhecer os 'locos' (sítios) onde ocorrem essas mutações, foi inventada a técnica de RFLP (do inglês *restriction fragment length polymorphism*, ou 'polimorfismo de comprimento de fragmento de restrição'). O método usa as chamadas enzimas de restrição, que 'cortam' o DNA apenas onde existem certas seqüências específicas de nucleotídeos – designados pelas letras iniciais dos nomes das bases que os formam: adenina (A), citosina (C), guanina (G) e timina (T). A enzima Hae III (figura 1), por

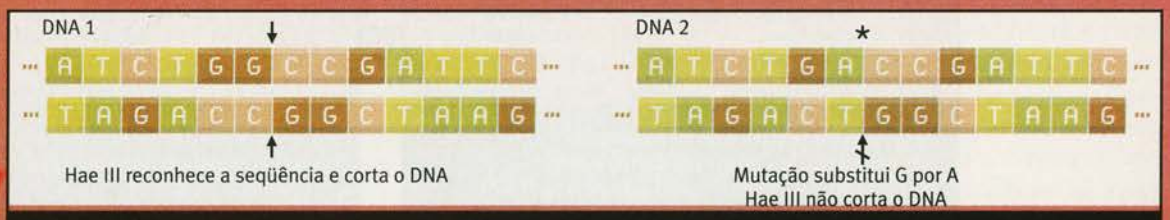


Figura 1. As enzimas de restrição cortam o DNA em sítios específicos: a enzima Hae III, por exemplo, busca a seqüência GGCC e faz o corte nesse ponto, mas se uma mutação substituir uma dessas bases (no exemplo, G por A), não há corte

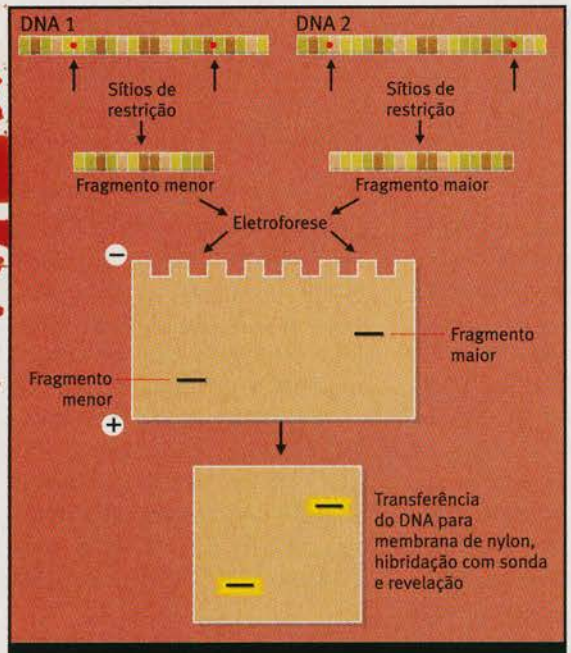


Figura 2. Os fragmentos gerados pelo corte do DNA terão tamanho maior ou menor, dependendo da posição relativa dos sítios de restrição, e essa diferença permitirá que sejam separados pela técnica de eletroforese

exemplo, só corta o DNA no sítio correspondente à seqüência GG/CC.

Uma mutação pode eliminar um sítio de restrição, ou criar um novo. Dependendo da posição relativa dos sítios de restrição, os fragmentos gerados pelo corte do DNA terão tamanho maior ou menor, e poderão ser separados (figura 2) por eletroforese. Nessa técnica, uma corrente elétrica provoca a migração dos fragmentos em um gel, e os maiores são mais lentos que os menores. Com isso, os fragmentos assumem após algum tempo posições variáveis, o que constitui o já citado padrão de polimorfismo.

Mas como reconhecer a posição dos fragmentos? Para isso, é necessário lançar mão de uma 'sonda', isto é, um pequeno fragmento de DNA marcado com um isótopo radioativo ou com um radical que emite luz sob certas condições. Sendo também um fragmento de DNA, a sonda contém uma seqüência que complementa apenas um tipo de seqüência invariável já conhecida (*core sequence*, ou 'seqüência central') presente no fragmento em estudo, o que permitirá a ligação de ambos. Com o uso de um filme fotográfico, descobre-se a posição da sonda e, portanto, do fragmento.

No caso dos sítios unilocais – que só ocorrem uma vez no genoma inteiro –, existem sempre dois 'alelos', pois as células (exceto as reprodutivas) têm um par de cada cromossomo. Como os alelos têm a mesma seqüência *core* e tamanhos distintos, uma sonda complementar a essa seqüência se ligará a ambos e eles aparecerão em posições diferentes no filme fotográfico. Todas as pessoas recebem um desses alelos da mãe e o outro do pai. Portanto, no teste de paternidade (figura 3), basta comparar os alelos da mãe, de seu filho(a) e do suposto pai, e a coincidência do alelo paterno do filho com um alelo do suposto pai confirmará a paternidade 'biológica'. Quando se quer investigar apenas a identidade de uma pessoa (um criminoso, por exemplo), é preciso comparar o padrão de polimorfismo de amostras de DNA (obtidas na cena do crime) com os padrões de vários suspeitos (figura 4).

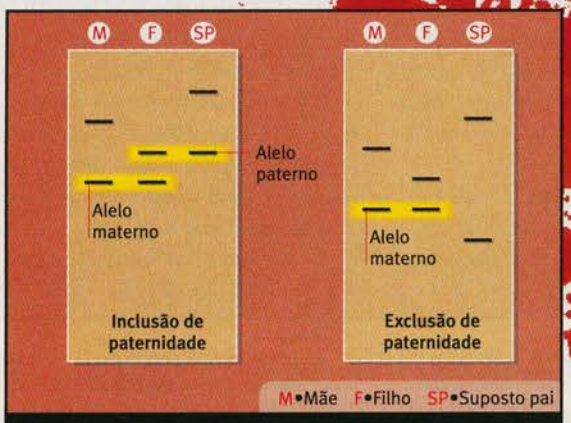


Figura 3. No teste de paternidade, são comparados os alelos da mãe (M), de seu filho ou filha (F) e do suposto pai (SP): quando o alelo paterno do filho coincide com um dos alelos do suposto pai, a paternidade é confirmada

Figura 4. Para investigar a identidade de um assassino, por exemplo, é preciso comparar o padrão de polimorfismo de amostras de DNA obtidas na cena do crime (A) com padrões de vários suspeitos (S1, S2, S3), para buscar alelos idênticos

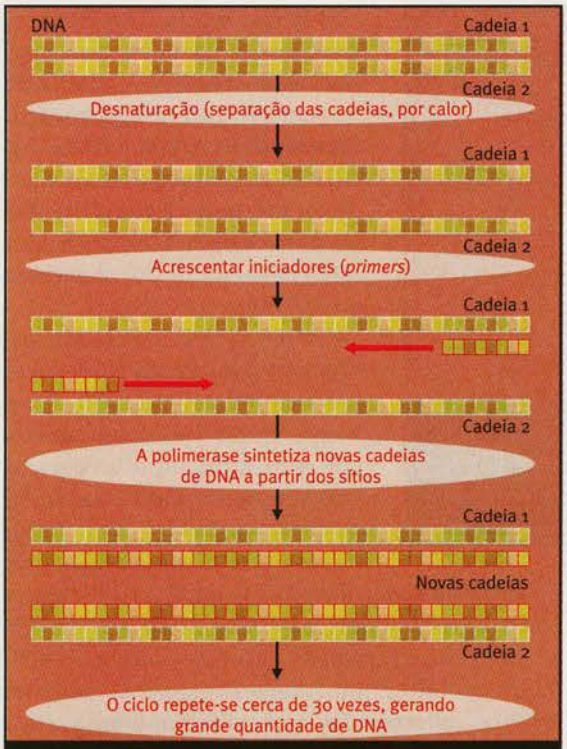


Figura 5. A reação em cadeia da polimerase (PCR) usa a mesma enzima que realiza a replicação do DNA nas células para sintetizar fragmentos de material genético, a partir de um ponto sinalizado por um 'iniciador' (*primer*)

Como sintetizar fragmentos de DNA

Outra técnica importante, usada também na busca de padrões de polimorfismo no DNA, é a PCR (do inglês *polymerase chain reaction*, ou 'reação em cadeia da polimerase'). Essa técnica possibilita a síntese de fragmentos de DNA, usando para isso a mesma enzima, a DNA-polimerase, que participa da replicação do material genético nas células. Essa enzima sintetiza uma seqüência complementar de DNA, desde que um pequeno fragmento (o iniciador, ou *primer*, em inglês) já esteja ligado a uma das cadeias do DNA no ponto escolhido para o início da síntese.

A reação (figura 5) começa com a separação das cadeias do DNA através de calor, processo denominado desnaturação. Em seguida, a temperatura diminui até que os iniciadores possam ligar-se às seqüências complementares. Então, a polimerase sintetiza os fragmentos a serem estudados, em um processo também chamado de 'extensão'. Esse ciclo é repetido cerca de 30 vezes, permitindo obter muitas cópias das regiões de interesse. Como a polimerase tem que resistir ao calor da desnaturação, usa-se no processo a enzima purificada de organismos que vivem em ambientes com alta temperatura (a bactéria *Thermus aquaticus*, por exemplo).

Para a detecção do polimorfismo, são usados iniciadores que flanqueiam regiões do DNA onde existem repetições de nucleotídeos (em grupos de dois, três ou mais). Isso significa que tais iniciadores delimitam a síntese das novas cadeias ao trecho com as repetições, situado entre os sítios aos quais eles se ligam. Tais repetições são chamadas de STR (do inglês *short tandem repeats*, ou 'repetições curtas em tandem'), e as regiões onde se encontram são conhecidas como 'microssatélites'. Os dois alelos de um fragmento unilocal geralmente têm número distinto de repetições, e portanto comprimentos diferentes, o que permite a sua separação em eletroforese e as comparações entre eles ou com fragmentos de outros DNAs (figura 6), da mesma forma que na técnica do RFLP.

A técnica da PCR tem uma grande vantagem sobre a de RFLP: como o DNA é 'amplificado', a amostra a ser analisada pode ter uma quantidade inicial muito menor dessa molécula. Isso torna possível realizar a tipagem de DNA em pequenas manchas de sangue ou sêmen, células da mucosa bucal (presas a cigarros, por exemplo), fios de cabelo (com bulbo), fragmentos de pele etc. Mesmo existindo contaminação por DNA de outras espécies (bactérias, fungos e outros), a técnica da PCR é específica o suficiente para amplificar apenas o DNA humano.

O método baseado nas repetições também pode ser automatizado: a técnica de eletroforese de alta voltagem permite detectar, usando um feixe de *laser*, o material amplificado na presença de um composto fluorescente. Uma alternativa à eletroforese com gel plano é o sistema que usa um capilar por onde migram fragmentos marcados com radi-

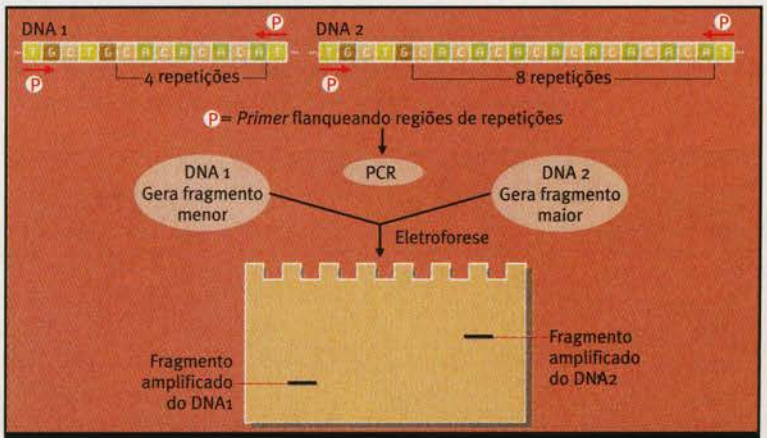


Figura 6. O uso da reação em cadeia da polimerase (PCR) para detectar polimorfismos de DNA baseia-se na síntese de fragmentos dos dois alelos de um mesmo local do DNA (ou dos DNAs de pessoas diferentes) a partir de iniciadores (P) colocados nos limites de regiões onde ocorrem repetições de grupos de bases – como o número de repetições varia, os fragmentos têm tamanhos diferentes e podem ser separados por eletroforese, permitindo comparações

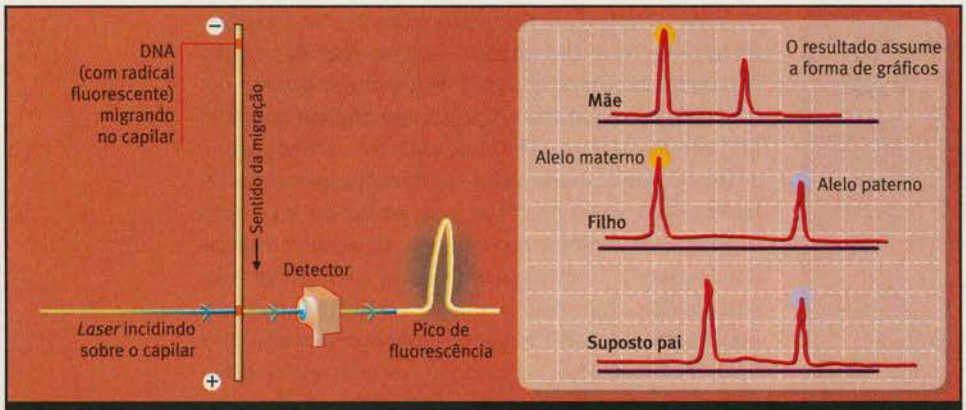


Figura 7. O sistema que usa um capilar por onde migram fragmentos marcados com radicais fluorescentes é uma alternativa à eletroforese com gel plano: a passagem dos fragmentos por um feixe de *laser* é registrada em gráficos, sob a forma de picos, cuja comparação pode confirmar paternidade ou identidade

cais fluorescentes (figura 7). Quando os fragmentos passam por um feixe de *laser*, são registrados em gráficos, sob a forma de picos. A comparação das posições dos picos pode confirmar paternidade ou identidade.

O DNA mitocondrial na identificação

Além do DNA genômico, presente no núcleo das células, também há DNA nas mitocôndrias, organelas situadas no citoplasma celular. Esse DNA é muito menor que o nuclear e tem estrutura circular, que o torna mais parecido com o das bactérias.

No contexto da análise forense, o interesse pelo DNA mitocondrial surgiu por vários motivos: primeiro, esse DNA também contém regiões polimórficas que permitem sua individualização; segundo, os descendentes recebem esse DNA apenas da mãe, o que permite traçar a linhagem materna de uma pessoa; e terceiro, esse DNA é mais resistente à degradação que o DNA nuclear. Assim, em grandes desastres (incêndios, explosões, queda de aviões etc.), quando é mais difícil identificar os corpos, analisa-se o DNA mitocondrial. Este é extraído dos restos mortais e a seqüência de interesse é comparada com seqüências obtidas de irmãos ou ascendentes maternos.

Uma aplicação muito interessante da tipagem do DNA mitocondrial foi realizada pelo geneticista Sérgio Pena e sua equipe, que reconstruíram a história da colonização do Brasil usando marcadores mitocondriais e também regiões específicas do DNA do cromossomo masculino Y, que revelam a linhagem paterna (ver 'Retrato molecular do Brasil', em *CH* nº 159). No ano passado, a revista *Nature* (v. 408, p. 708) publicou um trabalho no qual as variações do DNA mitocondrial também foram usadas como uma espécie de máquina do tempo. O estudo comparou seqüências do DNA mitocondrial de humanos e de outros primatas para estabelecer a idade do homem moderno (*Homo sapiens sapiens*) e em que momento hominídeos e símios separaram-se – segundo os resultados, essa divergência teria ocorrido há cerca de 5 milhões de anos.

RECUPERAÇÃO DE DNA EM AMOSTRAS DE TECIDOS E FLUIDOS

Amostras (tecidos e fluidos)	Quantidade recuperada	Análise de RFLP	Análise de STR
1 ml de sangue	20 a 40 µg	Sim	Sim
Manchas de sangue seco de 1 cm²	200 ng	Não	Sim
Sêmen	150 a 300 µg por ml	Sim	Sim
Sêmen (esfregaço vaginal pós-coito)	0 a 3 µg (DNA de espermatozóides)	Sim	Sim
Cabelo com raiz (contendo o bulbo capilar)	1 a 750 ng por fio	Não	Sim
Saliva	1 a 10 µg por ml	Sim	Sim

Figura 8. Quantidades aproximadas de DNA recuperadas de tecidos e fluidos humanos e tipos de análises possíveis para cada caso (1 µg = um milionésimo de grama; 1 ng = um bilionésimo de grama)

Recuperação de DNA de várias fontes

O sucesso da tipagem de DNA depende basicamente da qualidade e quantidade de DNA extraído de fontes diversas. Nos exames de paternidade, o DNA é geralmente extraído de amostras colhidas em condições ideais: sem contaminação e com material genético íntegro. Já na determinação de identidade, o material obtido nem sempre está em boas condições: às vezes há pouco DNA, ou este está contaminado ou degradado. Nesses casos, a extração de DNA adequado para a análise talvez seja a etapa mais importante do processo.

Mesmo em amostras mínimas de tecidos e fluidos humanos é possível recuperar DNA suficiente para algumas análises (figura 8). A possibilidade de obter DNA de células da mucosa bucal (presentes na saliva) é muito útil, pois tais células costumam ser encontradas em pontas de cigarro (no papel que cobre o filtro), selos e envelopes (na cola, se esta tiver sido lambida), gomas de mascar, copos e restos de comida. Também se pode extrair DNA de amostras de secreções nasais, ossos, dentes, tecidos moles, urina, fezes e outras fontes.

Aparelhos portáteis de tipagem de DNA

Já estão em teste pequenos aparelhos de tipagem de DNA como os citados no início do texto. Tais aparelhos contêm um *chip*, no qual estão fixadas seqüências de DNA correspondentes aos locos (sítios) polimórficos usados nas identificações. O DNA amplificado por PCR é injetado no aparelho e este o direciona para o ponto do *chip* onde está fixada a seqüência-alvo apropriada (figura 9). Por ser um ácido, o DNA tem carga elétrica negativa, possibilitando que sua migração para os alvos seja 'dirigida' por cargas positivas geradas ao longo do trajeto.

O dispositivo tem ainda um sistema de lavagem, para eliminar o DNA que não esteja ligado à seqüência-alvo (hibridado), e um sistema de leitura, para detectar os marcadores fluorescentes. O padrão de leitura é registrado eletronicamente, para ser interpretado pelo perito.

Um ponto que tem gerado intensa discussão entre laboratórios e agências de genotipagem é o número de locos polimórficos necessário para estabelecer de modo confiável a identidade e a paternidade. O índice utilizado para as conclusões, tanto sobre a identidade de uma pessoa como sobre a paternidade, depende do número de locos analisados. Para chegar a um índice adequado, porém, é preciso levar em conta a freqüência dos alelos na população: se eles forem muito comuns, os resultados das análises serão no mínimo duvidosos.

Os grupos sangüíneos (A, B, O e AB) podem ser utilizados como exemplo. Tais grupos, que dependem da combinação de alelos, distribuem-se nas populações do mundo com freqüências conhecidas. Na Alemanha, 46% a 48% têm sangue tipo A. Já na Eurásia Central, Índia, Mongólia e Sibéria, prevalece o tipo B. Em nenhuma dessas regiões, portanto, esses grupos sangüíneos poderiam ser usados isoladamente para identificar um indivíduo, porque um grande percentual da população teria um ou outro. É importante que os alelos investigados sejam mais raros.

No caso dos polimorfismos de DNA (RFLPs), as freqüências são bem menores. Para exemplificar, vamos imaginar uma disputa de paternidade no Rio de Janeiro em que o loco D10S28 seja usado como sonda, permitindo obter, no suposto pai, um alelo que ocorre em aproximadamente 2,8% da população carioca. Esse valor ainda é muito alto, já que 224 mil pessoas terão esse alelo, se consideramos que a população da cidade é de cerca de 8 milhões de habitantes. Para reduzir esse valor, é preciso pesquisar outros locos no mesmo indivíduo. Imaginemos que uma segunda análise, usando o loco D2S44, tenha revelado um alelo com freqüência de 7,28%, percentual que indica a existência de 582.400 pessoas no Rio de Janeiro com esse alelo. Mas quantos indivíduos teriam os dois alelos? Apenas 16.307. Tal número é obtido através da multiplicação do inverso das duas freqüências: 2,8/100 x 7,28/100 x 8 milhões. Usando mais um loco, a análise indicará outra freqüência, permitindo reduzir ainda mais o percentual. Na prática, o uso de cinco a sete sondas gera um valor baixo o suficiente para que o resultado seja conclusivo.

A técnica do STR exige a análise de maior número de locos, já que a freqüência dos microssatélites é maior que a obtida com as sondas. Até outubro de 2000, a polícia federal norte-americana (FBI) recomendava o uso de 13 locos – e mais dois, que geram padrões distintos para homens e mulheres, para determinar o sexo (figura 10). Esse número será aumentado em breve para 16, para que os índices de identidade ou paternidade obtidos sejam maiores em valor absoluto.

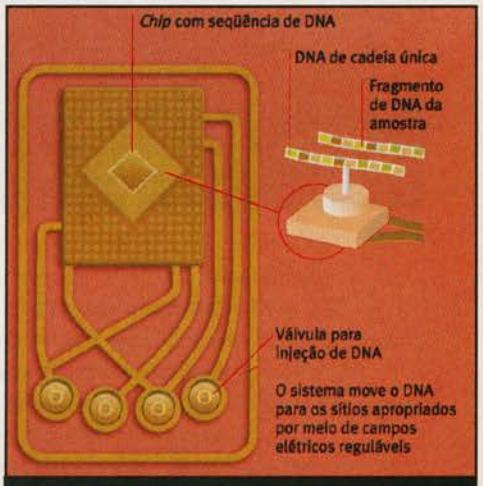


Figura 9. Em aparelhos de tipagem portáteis, fragmentos de DNA extraídos de uma amostra e amplificados serão direcionados para um *chip*, no qual estarão fixadas seqüências correspondentes aos locos polimórficos usados para identificação – as ligações fragmentos-seqüências indicarão o padrão de polimorfismo da amostra

Análises forenses de DNA no Brasil

Além dos laboratórios particulares, a Polícia Civil de algumas capitais (Brasília, Belo Horizonte, São Paulo e outras) está equipada para realizar análise de DNA para identificação de vítimas ou suspeitos em casos criminais. Em outros estados, como Alagoas e Rio de Janeiro, as universidades federais e estaduais prestam o serviço técnico em colaboração com a polícia. Laboratórios oficiais também realizam tipagem de DNA no Paraná e no Rio Grande do Sul. No Rio de Janeiro, o Laboratório de DNA da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj) realiza de 20 a 25 análises por mês, número semelhante à média de outros laboratórios do país. Esse laboratório usa principalmente a técnica de STR e em breve poderá analisar DNA mitocondrial. A Universidade Federal do Rio de Janeiro, que realiza testes de paternidade, pretende em breve iniciar análises forenses – já é oferecido um curso de extensão sobre a tipagem de DNA para aplicações forenses. Em função da rápida difusão das técnicas de análise de DNA, essa lista provavelmente está incompleta.

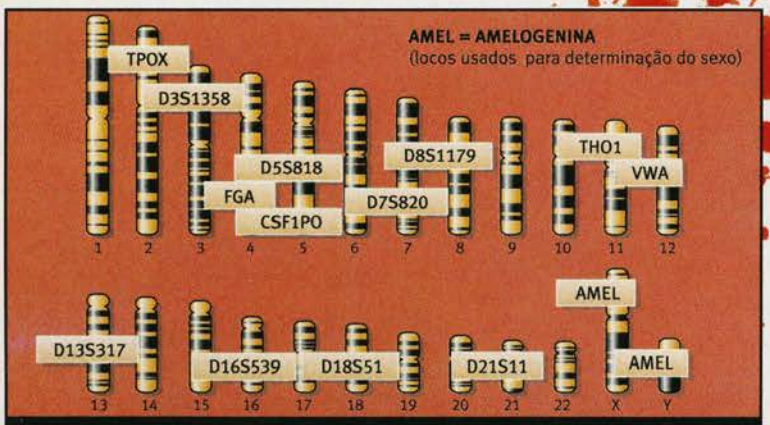


Figura 10. Distribuição dos 13 locos polimórficos – e mais dois para determinação do sexo – recomendados pela polícia federal norte-americana (FBI)

A importância da cadeia de custódia

Em junho de 1994, em Los Angeles (Estados Unidos), a descoberta dos corpos de Nicole Simpson e Ron Goldman, brutalmente assassinados, em meio ao que testemunhas descreveram como um "rio de sangue", conduziu a um dramático teste – e também a um questionamento – do uso do DNA como prova forense.

A polícia local encontrou uma cena de crime farta em evidências: muito sangue, peças de vestuário, pegadas e uma trilha de sangue que revelava o caminho seguido pelo criminoso. Seguindo essas pistas, os policiais chegaram à casa do ex-marido de Nicole, o astro de cinema e ídolo do futebol americano O. J. Simpson, obtendo ali mais evidências: manchas de sangue em seu carro, nas suas meias e no chão do jardim. Exames de DNA comprovaram que esse sangue era das vítimas.

Assim, a promotoria acreditava ter nas mãos um caso fechado, que não poderia ser contestado. Mas foi surpreendida pela estratégia dos advogados de O. J. Simpson: o questionamento das provas. As câmeras de televisão flagraram o principal perito da polícia coletando amostras sem luvas, policiais manipulando evidências sem trocar as luvas e muitas pessoas circulando na cena do crime, que não tinha sido bem isolada. Além disso, as evidências foram coletadas sem identificação e registro prévios, as amostras foram conservadas e empacotadas sem a devida separação e, mais grave, a coleta foi feita por apenas uma pessoa, sem testemunhas. Finalmente, os advogados provaram que o laboratório criminal da polícia de Los Angeles não cumpriu padrões mínimos de manuseio, preservação e separação das evidências.

Com base nesses erros, a defesa alegou negligência no manuseio das provas e contaminação das mesmas, acusando os policiais de possível fraude. As provas foram desconsideradas e o réu foi absolvido. Esse desfecho revela como a tipagem de DNA pode ser uma faca de dois gumes. Se por um lado a técnica é muito sensível e versátil, por outro é passível de contaminação. A partir do caso Simpson, o manuseio de uma cena de crime passou a ter quase a mesma importância que a análise em si.

Em função desse episódio, algumas normas foram recomendadas. Em primeiro lugar, todas as pessoas que possam ter contato com amostras biológicas destinadas à extração de DNA (policiais, bombeiros, enfermeiros e médicos) devem ser treinadas e instruídas sobre sua correta manipulação. O material coletado através de esfregaço de algum tecido humano, por exemplo, não deve ser acondicionado em um saco plástico hermeticamente fechado, pois a umidade da amostra pode propiciar o crescimento de fungos, que eventualmente degradam o DNA (deve ser usado um saco de papel). Um perito criminal deve orientar a coleta, para que a amostra tenha sua procedência comprovada e esteja bem preservada.

No instante da coleta, o perito já deve pensar que irá depor em audiência pública para defender os resultados da análise e também para provar que os procedimentos de coleta foram rigorosamente seguidos. Isso evita questionamentos como os do caso Simpson. É crescente o número de juristas que conhecem os princípios das técnicas de tipagem de DNA e que, por isso, não têm dificuldade em encontrar argumentos para invalidar uma evidência que em outras situações seria incontestável.

As evidências biológicas devem ser marcadas imediatamente após a coleta, de forma clara, para permitir sua posterior identificação no tribunal. Cada peça contendo fluido biológico deve ser isolada, para evitar a contaminação de peças adjacentes. Os invólucros com evidências devem estar selados e identificados com a assinatura do responsável pela coleta. Materiais obtidos de vítimas e de suspeitos não podem ser conservados ou manuseados no mesmo ambiente, para evitar contaminação cruzada, e instrumentos usados na coleta e no manuseio de evidências devem ser esterilizados.

Deve ser estabelecida uma criteriosa cadeia de custódia, com a identificação de todas as pessoas que entram em contato com a evidência, a partir do responsável pela coleta na cena do crime. Assim, todas essas pessoas passam a ser responsáveis por sua custódia, o que deixa claro quantas pessoas participaram da investigação, em que circunstâncias as amostras foram manipuladas e qual o seu percurso pelas salas de conservação e bancadas de laboratórios, até a chegada ao tribunal.

Os laboratórios que se propõem a analisar DNA com finalidades forenses devem ver como procedimentos inseparáveis tanto a cadeia de custódia quanto as técnicas laboratoriais. De nada adianta dispor das melhores técnicas de tipagem de DNA se não se souber manipular corretamente uma evidência. ■

Sugestões para leitura

INMAN, K. & RUDIN, N. *An introduction to forensic DNA analysis*. CRC Press, 1997.

KIRBY, L. T. *DNA fingerprint*. Stocton Press, 1990.

LINCOLN, P. J. & THOMSON, J. (Eds.), *Forensic DNA profiling protocols – Methods in molecular biology*. Humana Press, 1998.

RUMJANEK, F. D. *DNA, identidade e paternidade*. Editora Espaço Jurídico, 1997.

Instituição desenvolve Programa de Ciências para as séries iniciais do Ensino Fundamental

As séries iniciais do Ensino Fundamental da Fundação Bradesco desenvolvem um Programa de Ciências baseado na construção de material didático e textos elaborados pelos professores e orientadores pedagógicos educacionais da Escola de Osasco, contando com a assessoria de um especialista da área.

A construção e reformulação do material são realizadas permanentemente, segundo os resultados observados em sala de aula. Um conjunto de apostilas preparadas para os alunos é complementado por orientações didáticas dirigidas ao professor. Sob essa orientação, são discutidos e definidos os objetivos do programa, os conteúdos, a montagem das atividades e a pesquisa bibliográfica.

De um modo geral, os Programas de Ciências desenvolvidos nas séries iniciais a partir dos livros didáticos em todo o País perpetuam um conjunto anacrônico de temas e metodologias de ensino, que pouco contribuem para o fomento de uma cultura científica nacional.

Diante dessa realidade, a Fundação Bradesco tem procurado enaltecer a iniciativa dos professores na elaboração de um material didático próprio, ainda que possa apresentar aspectos que mereçam reorganizações. Aos poucos, com as discussões, exemplificações e sua aplicação junto aos alunos, os textos e atividades vão sendo aperfeiçoados.

Os objetivos básicos do programa são: divulgar o conhecimento científico; contribuir para o desenvolvimento cognitivo e intelectual do aluno e desenvolver uma percepção da ciência como conhecimento histórico, social e cultural da humanidade; e construir a participação cidadã na sociedade tecnocientífica.

Tendo como base esses objetivos, a Fundação Bradesco escolheu um conjunto de temas e metodologias transpostas didaticamente que favorecem a compreensão da concepção científica do homem, da sociedade e do universo. Por outro lado, a cultura escolar tem estabelecido o seu próprio conjunto de temas, organicamente articulados nos diversos níveis de ensino.

Temas desenvolvidos - Como os atuais parâmetros curriculares nacionais

procuram interagir com essa realidade, a instituição tem atuado no sentido de ampliar o repertório de assuntos. Assim, foram identificados os principais conjuntos de temas que são desenvolvidos no Programa: alimentação, corpo humano, animais, plantas, fenômenos físicos e químicos, meio ambiente, tecnologia e fenômenos astronômicos, climáticos e geológicos.

Os temas acima são resultado de especificidades relativas à cultura escolar e à faixa etária dos alunos. Tais assuntos encontram-se distribuídos ao longo dos quatro anos das séries iniciais, articulados em unidades bimestrais, estruturados de modo a promover integração e recorrência dos temas. Cada unidade bimestral é identificada segundo um "título fantasia".

A organização de conteúdos não é suficiente para a estruturação de um Programa de Ciências. É necessário estabelecer metodologias que favoreçam a abordagem

Os alunos da 2ª série observam as reações químicas da fermentação...

Atividades do Programa de Ciências

As atividades do programa são categorizadas, segundo os procedimentos e atitudes que visam desenvolver no aluno:

- Fenômenos temporais - A noção de tempo é fundamental para a ciência e para a sociedade contemporânea. É importante contar com atividades que promovam o desenvolvimento da noção de seqüências temporais lineares e cíclicas, bem como de fenômenos reversíveis ou irreversíveis.

- Sistemas e interações - No desenvolvimento de determinados temas, deve-se procurar não isolar demasiadamente a parte do todo, enfatizando-se o "sistema" e a interação entre as suas partes.

- Transformações e mudanças de estado - Em diversas atividades envolvendo seres vivos, reações químicas e mesmo fenômenos físicos, é importante desenvolver a capacidade de observar regularidades e permanências nas mudanças que estão se processando.

- Estruturação e auto-consciência corporais - É importante que, no estudo do corpo humano, o corpo individual do aluno seja o seu próprio modelo de estudo. Assim, ele será estimulado a construir a sua representação corporal e, a partir daí, estruturar sua auto-consciência.

dos temas científicos, de modo a promover o desenvolvimento cognitivo e intelectual do aluno. Referindo-se não apenas à necessidade de promover atividades experimentais, indispensáveis no ensino de ciências, mas a todo um conjunto de estratégias que subsidiem a construção do "pensamento científico" do aluno e de sua capacidade crítica relativa a tal pensamento.

Quanto a esse último aspecto, ainda que a tentativa seja propiciar uma abordagem lúdica das ciências, de modo a motivar as crianças, potencializando suas características de curiosidade, criatividade e imaginação, é fundamental iniciá-las nos questionamentos sobre os destinos do conhecimento científico. Soma-se a essa preocupação a intencionalidade de contribuir para a formação de uma "consciência" capaz de compreender e transformar a realidade em benefício da preservação e valorização da vida, nas suas mais variadas manifestações.

...e preparam a massa do pão

- Interdependência entre forma e função - Deve-se ressaltar a interdependência observada nos organismos vivos entre forma e função, assim como nos artefatos tecnológicos produzidos pelo homem ao longo de sua história. Desenvolve-se a noção de planejamento, projeto e execução de atividades com finalidades específicas.

- Propriedades e identificação de padrões - Classificar processos, materiais e objetos segundo suas propriedades e estabelecer padrões é indispensável para a construção do conhecimento científico.

- Exploração e construção da noção espacial - Experiências sensoriais e a elaboração mental das mesmas ampliam a liberdade corporal de exploração e orientação no espaço, assim como a compreensão da estrutura física do planeta e do universo.

- História da ciência e da tecnologia e suas repercussões sociais - No âmbito da educação científica, é importante enfatizar a construção histórica, social e cultural do conhecimento tecnocientífico e suas repercussões positivas e negativas na história mundial.

- Ação sobre os objetos - É importante priorizar a ação física e mental dos alunos sobre os objetos e conceitos, de modo a favorecer a construção individual do conhecimento, bem como uma atitude questionadora e exploratória.

- Socialização - As atividades práticas, os questionamentos, o debate e a síntese de idéias devem favorecer a socialização dos alunos, o fortalecimento da atitude ética e do respeito ao outro. Tais elementos são primordiais na construção da cidadania.

David Boh

do mundo dos

O nome do físico norte-americano David Bohm estará para sempre associado à história da física, graças à ousadia de seus trabalhos e de suas idéias sobre a teoria quântica, que lida com os fenômenos naturais na escala de objetos diminutos como átomos e moléculas. Na década de 1950, já considerado um dos maiores talentos de sua geração, Bohm, que viveu no Brasil e adquiriu a cidadania de nosso país, propôs uma nova interpretação para a teoria quântica. Seu modelo introduziu inovações que foram objeto de tensas controvérsias entre os físicos. E a história de sua participação nesses debates pode ser considerada duplamente instrutiva: ela nos informa tanto sobre as inovações da teoria quântica quanto sobre o papel dessas controvérsias no desenvolvimento da ciência.

Olival Freire Jr.*,
*Instituto de Física,
Universidade Federal da Bahia*

**Coordenador do Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana*

hm e as controvérsias quanta

"Em 1952, eu vi o impossível ser feito. Isso aconteceu nos trabalhos de David Bohm." Dita pelo escocês John Bell (1928-1990), um dos grandes físicos teóricos das últimas décadas, a frase ilustra o quanto o nome do físico norte-americano David Bohm (1917-1992) está associado, na história da física do século 20, a realizações consideradas implausíveis.

O nome de Bohm liga-se também – especialmente em artigos de divulgação científica – às novidades conceituais da teoria quântica, que é, ao lado da teoria da relatividade, idealizada pelo físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955), uma das duas grandes revoluções conceituais pelas quais passou a física destes últimos 100 anos.

A teoria quântica teve sua origem em 1900, quando o físico alemão Max Planck (1858-1947) propôs que, na natureza, a energia não é gerada ou absorvida de modo contínuo como se acreditava até então, mas sim em pequenos 'pacotes', batizados 'quanta' (no singular, 'quantum'). E daí deriva o nome da teoria. A partir daí, a teoria quântica obteve êxitos formidáveis ao explicar fenômenos que ocorrem nas dimensões do mundo diminuto das moléculas e dos átomos, bem como as interações desses objetos com a radiação eletromagnética.

Com a teoria quântica – que graças a desenvolvimentos feitos em meados da década de 1920 passou a ser mais conhecida como mecânica quântica e adquiriu o *status* de uma teoria física fundamental –, um novo mundo se desenhou para a física. Porém, juntamente com seus êxitos teóricos e experimentais, surgiram idéias bastante diversas daquelas introduzidas por teorias com as quais os físicos já estavam familiarizados, como a mecânica (parte da física que estuda o movimento e suas causas), o eletromagnetismo (estudo dos fenômenos elétricos e magnéticos) e a termodinâmica (que lida com os processos de transformação de energia).

Menos conhecido, porém, é que, em muitos casos, nossa compreensão atual dessas inovações conceituais é fruto de controvérsias entre os próprios físicos sobre como interpretar a física quântica. A história da participação de Bohm nessas controvérsias é, por isso, duplamente instrutiva: ela nos informa tanto sobre essas inovações quanto sobre o papel dessas controvérsias no desenvolvimento da ciência.

Consenso em questão

No início da década de 1950, quando Bohm propôs em seus trabalhos uma nova interpretação para a teoria quântica, ela já era uma das mais bem consolidadas teorias científicas. As inovações conceituais que haviam sido introduzidas foram objeto de tensas controvérsias entre os físicos.

Entre essas inovações, estava especialmente a chamada dualidade onda-partícula para a luz, os elétrons e os prótons – o nome deriva do fato de essas entidades físicas se comportarem tanto como ondas quanto como partículas, dependendo do experimento montado para estudá-las.

Outra inovação introduzida pela teoria quântica foi a substituição de uma descrição determinista dos fenômenos naturais, própria das teorias físicas até então existentes, por uma descrição probabilística, ou seja, a teoria quântica mostra que, em geral, não se pode prever com precisão os valores das grandezas físicas (energia, posição, *spin* etc.) de um sistema quântico (átomos, moléculas, elétrons, prótons etc.) quando de uma medição. Pode-se apenas conhecer a probabilidade de obtenção desses valores quando dessa medição.

Porém, apesar das tensas controvérsias, acabou prevalecendo a interpretação probabilística da teoria quântica, sintetizada em um quadro conceitual denominado interpretação da complementaridade, formulado pelo físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962). Mesmo tendo Einstein como um dos principais opositores dessa forma de se interpretar a teoria quântica, pode-se dizer que a complementaridade alcançou um largo consenso na comunidade científica. No entanto, Bohm colocaria esse consenso em questão.

Ideologia e Guerra Fria

Com uma hábil reformulação do formalismo matemático da teoria quântica, Bohm conseguiu elaborar um modelo determinista que reproduzia resultados já obtidos pela versão probabilística da teoria quântica (ver 'O modelo de Bohm'). E mais: sem precisar usar as inovações conceituais que haviam sido objeto de controvérsia entre os físicos quando da criação da teoria quântica. E havia conseguido isso quando era voz corrente entre os físicos que a teoria quântica, na sua forma e interpretação usuais, era uma teoria completa, não sendo possível introduzir-lhe modificações como as que Bohm estava sugerindo. O inusitado trabalho de Bohm explica a frase de Bell citada na abertura deste artigo.

A 'interpretação causal' – como o modelo de Bohm passou a ser conhecido – não recebeu, contudo, a adesão esperada por seu criador. Na recepção de sua proposta, mesclaram-se argumentos técnicos e filosóficos – afinal, a querela do determinismo, como cunhou Planck, extrapolava o terreno estrito da física.

A controvérsia que se estabeleceu não foi isenta inclusive de argumentos ideológicos, o que é compreensível se lembrarmos que ela ocorreu na década de 1950, quando questões filosóficas, artísticas e culturais, de um modo geral, foram fortemente condicionadas pelo contexto da Guerra Fria, a tensão política que marcou o relacionamento entre os blocos ocidental e oriental, liderados respectivamente pelos Estados Unidos e pela então União Soviética.

Os críticos admitiram, contudo, que o modelo de Bohm era logicamente consistente, bem como reproduzia resultados conhecidos da interpretação

O modelo de Bohm

Na interpretação causal, objetos microscópicos, como elétrons, por exemplo, são tratados como partículas submetidas a uma nova grandeza física proposta por Bohm: o potencial quântico. O potencial é uma outra forma usada pelos físicos para representar forças ou interações. A física clássica também se utiliza do potencial, como, por exemplo, o potencial eletromagnético. Nesse caso, o potencial é um conceito que permite descrever as modificações introduzidas no espaço como conseqüência da presença de cargas elétricas e de seus movimentos. Por isso, a natureza física do potencial eletromagnético está associada aos fenômenos elétricos e magnéticos.

No entanto, Bohm não explicava qual a natureza física do novo potencial, mas, mesmo assim, seu modelo tinha implicações notáveis. Reproduzia resultados importantes já obtidos pela teoria quântica. Para se deter a apenas dois desses fenômenos, citamos aqui o efeito fotoelétrico, no qual os fótons (ou partículas de luz), ao incidirem sobre uma superfície metálica polida, arrancam dela elétrons, e o efeito Compton, uma das evidências fundamentais de que a radiação eletromagnética (ondas de rádio, microondas, luz visível, raios X e raios gama) ora se comporta como onda, ora como corpúsculo.

Além disso, com o modelo de Bohm, que abandonava a necessidade de uma descrição probabilística dos fenômenos, a física recuperava para si o determinismo. Nesse modelo, elétrons, por exemplo, eram sempre descritos como partículas que tinham trajetórias bem definidas – o que a versão probabilística da teoria quântica descarta.

Apesar de tratar os objetos quânticos como partículas 'clássicas' (no sentido de serem dotadas de uma trajetória definida), o modelo conseguia dar conta, como decorrência do comportamento inusitado das trajetó-

usual da teoria quântica. Havia, então, uma legítima controvérsia científica instalada entre duas teorias ou, pelo menos, entre duas interpretações de uma mesma teoria. No entanto, o número de físicos que decidiu estender as idéias originais da interpretação causal foi muito abaixo do esperado por Bohm.

Desequilíbrio da balança

Entender o comportamento das comunidades científicas em situações de controvérsia tem sido um desafio permanente para os historiadores da ciência. No caso da disputa entre interpretação causal e a complementaridade (ou probabilística), dois fatores parecem ter sido decisivos para desequilibrar a balança desfavoravelmente em relação à primeira:

a) apesar de várias tentativas ao longo da década de 1950, os partidários da interpretação causal não obtiveram êxito em estender satisfatoriamente sua interpretação ao domínio no qual a teoria da relatividade se torna relevante, enquanto no mesmo período a versão probabilística da teoria quântica conseguiu aumentar sua capacidade de previsão nesse terreno;

b) esses partidários também não conseguiram produzir um resultado novo, capaz de diferenciá-la mais nitidamente da versão mais consensual da teoria quântica, mesmo se entendermos essa expressão de modo flexível, o que inclui a previsão de um resultado experimental desconhecido, um modo mais operacional de calcular resultados já conhecidos ou mesmo a explicação de um resultado experimental conhecido, mas ainda não explicado.

rias governadas pelo potencial quântico, de fenômenos tipicamente ondulatórios. Um deles é o clássico experimento da fenda dupla. Nele, partículas (elétrons, por exemplo) são forçadas a atravessar um anteparo com duas fendas extremamente estreitas. Em um segundo anteparo, sem fendas, se forma o fenômeno da interferência, que só pode ser explicado quando são atribuídas propriedades ondulatórias a essas partículas.

Em síntese, podemos dizer que, no modelo de Bohm, os elétrons são representados como partículas que percorrem trajetórias bem determinadas, mas as propriedades especificamente quânticas dos elétrons são recuperadas pela ação do 'potencial quântico'. Esse modelo vem sendo modificado e desenvolvido hoje em dia pelos físicos que trabalham com a 'mecânica bohmiana'.

Na história das disputas entre teorias rivais na física, a obtenção de resultados novos tem sido geralmente um trunfo para o lado que os obtém.

Efeito colateral

Mesmo não tendo recebido as adesões esperadas, a insistência de Bohm na defesa da interpretação causal teve um importante efeito colateral. A própria existência de um modelo em que os fenômenos quânticos podiam ser interpretados de modo determinista motivou alguns físicos a reexaminarem os fundamentos matemáticos da teoria quântica.

O mais interessante resultado apareceu em meados da década de 1960 com os trabalhos do escocês John Bell. Ele notou que tanto o modelo de Bohm quanto a teoria quântica, apesar de estarem inseridos em visões muito diversas da realidade física, tinham em comum uma estranha propriedade: a não-localidade (ou não-separabilidade).

A não-localidade quer dizer que dois sistemas (moléculas, átomos ou partículas subatômicas etc.) que interagem e se separam espacialmente continuam se comportando como um único sistema, mantendo certas propriedades mais fortemente correlacionadas que as correlações admitidas pelas teorias que compõem a física clássica (mecânica, eletromagnetismo, termodinâmica). E essa propriedade permanece até que ocorra um processo de medição sobre um dos sistemas, sem importar quão grande seja aquela separação.

Bell sabia que Einstein já havia destacado essa propriedade na teoria quântica em um argumento hoje conhecido pela sigla EPR – E de Einstein, P de (Boris) Podolski e R de (Nathan) Rosen, estes dois colaboradores. Nesse trabalho, publicado em 1935, Einstein recusava a não-localidade, por considerá-la um sintoma de que a teoria quântica estava ainda incompleta. No mesmo ano, Bohr respondeu às críticas de Einstein, introduzindo a idéia de que os fenômenos físicos que eram objeto da teoria quântica formavam uma totalidade que deveria incluir tanto os sistemas em estudo quanto as condições experimentais necessárias para esse estudo.

Desigualdades de Bell

Porém, um passo mais importante seria dado por Bell: ele mostrou que existia um conflito entre as previsões experimentais obtidas pela teoria quântica e quaisquer teorias que preservassem o critério de localidade, próprio da física clássica. Logo denominado 'desigualdades de Bell', esse resultado despertou a atenção de físicos teóricos e experimentais,

que buscaram os meios de submeter essas desigualdades a testes experimentais.

No início dos anos 80, em especial como decorrência de experimentos bem-elaborados conduzidos pelo físico francês Alain Aspect, a comunidade científica inclinou-se a aceitar a não-localidade como um fato físico previsto pela teoria e corroborado pela experimentação. Desde então, experimentos ainda mais sensíveis continuam a ser feitos, confirmando a não-localidade em detrimento de teorias chamadas, em contraposição, locais.

É interessante lembrar que a interpretação causal não foi posta em questão por esses testes, por também compartilhar a propriedade da não-localidade. O próprio Bohm passou a considerar, a partir de meados da década de 1970, essa propriedade como a mais significativa da teoria quântica, a ser preservada mesmo em teorias que viessem a suplantar essa teoria, indicando a necessidade de uma reformulação profunda nos conceitos de espaço e tempo. O físico belga León Rosenfeld (1904-1974) expressou essa necessidade, isto é, de uma crescente abstração de nossa visão do mundo exterior, fazendo uma afirmação que nos leva a refletir sobre as relações entre ciência e arte: "A teoria quântica nos faz pensar na arte de Picasso". Curiosamente, a afirmação foi feita no início da década de 1950, em polêmica com o próprio David Bohm.

A esta altura de nosso artigo, podemos, então, afirmar que hoje compreendemos melhor a própria teoria quântica em decorrência da controvérsia que se instalou sobre sua interpretação, controvérsia na qual David Bohm e sua interpretação causal foram importantes protagonistas.

Mecânica bohmiana

A interpretação causal voltou a despertar interesse na comunidade científica desde a década de 1980. Como vimos, Bohm representava os elétrons como partículas que seguiam trajetórias bem definidas, conceito que havia sido abandonado pela interpretação probabilística da teoria quântica. Mas essas trajetórias não haviam sido, até então, visualizadas, nem experimentalmente, nem através de simulações. Porém, novos recursos de computação colocados à disposição da comunidade científica pela revolução da microinformática permitiram a físicos que trabalhavam com Bohm simular em 1979 essas trajetórias (ver figura).

Desde então, tem crescido o número de físicos que buscam explorar as implicações das idéias originais de Bohm. O atrativo atual não é tanto a recuperação de uma descrição determinista, mas sim a obtenção de uma maior inteligibilidade – através da formação de imagens – dos conceitos abstratos da teoria quântica.

Por essa razão, os físicos contemporâneos não a denominam de interpretação causal, preferindo um termo mais técnico, com menores implicações filosóficas, como 'mecânica bohmiana'.

Bohm durante palestra no simpósio New Research Techniques in Physics (Novas Técnicas de Pesquisa em Física), realizado em São Paulo e no Rio de Janeiro, entre 15 e 29 de julho de 1952

Um cidadão brasileiro

Bohm viveu no Brasil e trabalhou como professor da Universidade de São Paulo, entre o final de 1951 e início de 1955, quando desenvolvia seu modelo para a teoria quântica. Ele interagiu intensamente com físicos brasileiros e estrangeiros que aqui estavam – porém, nem todos eram favoráveis às suas idéias.

O exame dos artigos publicados em sua estada no Brasil evidencia parte dessas interações, tanto através das co-autorias quanto através de agradecimentos por discussões feitas ao longo da realização desses trabalhos. A interação se deu com pesquisadores brasileiros, como Jayme Tiomno, Walter Schützer, Mário Schenberg e Jean Meyer, e estrangeiros, como Jean-Pierre Vigier, Ralph Schiller, Richard Feynman, Léon Rosenfeld, Isidore Rabi e Mario Bunge.

Macartismo

A estada no Brasil não foi, entretanto, um período de tranqüilidade. Em 1950, ele já era um dos mais promissores talentos de sua geração – Bohm obteve seu doutorado com o renomado físico norte-americano Robert Oppenheimer (1904-1967), com pesquisas úteis ao Projeto Manhattan, o empreendimento que produziu a primeira bomba atômica. Porém, acusado de passar segredos científicos para a então União Soviética, foi perseguido pelo macartismo, a histeria anticomunista que tomou conta dos Estados Unidos nesse período.

MAST/ARQUIVO CNPQ

Bohm foi absolvido pela Suprema Corte, mas perdeu o posto na Universidade de Princeton e decidiu vir para o Brasil. Em São Paulo, o consulado norte-americano confiscou-lhe o passaporte, condicionando sua devolução ao retorno aos Estados Unidos. Temendo novas perseguições e ansioso por viajar para interagir mais diversamente em função de suas

Ordem implícita

Bohm, contudo, não se reconheceu integralmente nessa nova situação, pois, quando os diagramas das trajetórias de partículas guiadas pelo potencial quântico começaram a se multiplicar na literatura científica, seus interesses já não estavam mais dirigidos para suas idéias iniciais.

Desde a década de 1970 e especialmente na de 1980, a atenção de Bohm voltou-se para o que ele denominou de 'ordem implícita'. Através dessa perspectiva, Bohm, em vez de construir modelos capazes de reproduzir resultados da teoria quântica, dedicou-se a buscar generalizações das estruturas algébricas subjacentes à estrutura matemática da teoria quântica.

Nesse esforço, abandonou mesmo a geometria como ponto de partida para descrever o espaço-tempo, buscando fundar as teorias físicas na idéia de um pré-espaço cujas propriedades algébricas levariam, como caso limite, à obtenção do contínuo que forma o espaço-tempo (conjunto de quatro dimensões, sendo três espaciais e uma temporal, onde se passam todos os eventos do universo).

Assim, Bohm não buscou interpretar fisicamente o potencial quântico que havia criado, sugerindo que ele expressaria, diferentemente dos potenciais convencionais (o eletromagnético, por exemplo), apenas um tipo de informação sobre o sistema estudado.

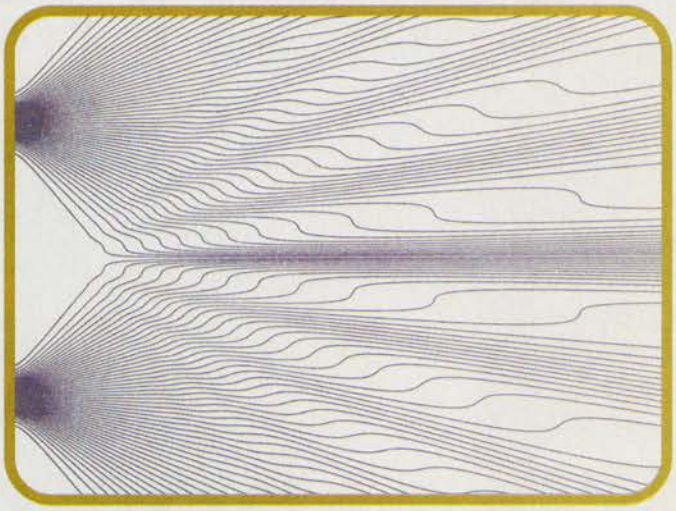


IMAGEM DE C. PHILIPPIDIS E COLABORADORES, EXTRAÍDA DE HOLLAND, P., *THE QUANTUM THEORY OF MOTION*, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 1993

Simulação computacional de trajetórias de partículas submetidas ao potencial quântico, em um dispositivo de dupla fenda

Vencedores e vencidos?

A física convive, então, com a existência de distintas interpretações da teoria quântica, embora elas não apresentem previsões experimentais conflitantes. A propósito de controvérsias na ciência, o sociólogo Renan Springer de Freitas, da Universidade Federal de Minas Gerais, afirma que "controvérsias, se se pode assim dizer, não existem para serem dirimidas, mas para que se possa aprender algo importante a partir delas".

A controvérsia entre essas interpretações da teoria quântica, embora prolongada, não tem sido infrutífera. Conhecemos melhor certas características do mundo quântico, como a não-localidade, em decorrência dessa disputa, bem como temos aprendido mais sobre o funcionamento da ciência estudando essa controvérsia.

Obter resultados capazes de contrastar mais fortemente a interpretação causal em relação à versão probabilística da teoria quântica continua sendo um desafio para os físicos que desenvolvem as idéias originais de David Bohm.

O futuro da física dirá se haverá vencedores e vencidos nas querelas que cercam a teoria dos quanta. Pode ser, contudo, que essa controvérsia não tenha um desfecho desse tipo e continue na história da física como mais um episódio a ilustrar o que a filosofia da ciência tem denominado 'subdeterminação das teorias pelos dados empíricos', expressando com isso a tese de que a experiência não determina de modo unívoco qual teoria física lhe é adequada. Ou seja, o mesmo conjunto de resultados experimentais é compatível com mais de uma formulação teórica.

Essa tese não diminui a objetividade intrínseca das teorias da física, mas confere-lhes uma dimensão mais realista de produtos culturais construídos pela humanidade. ■

pesquisas, solicitou e obteve, em 22 de novembro de 1954, a cidadania brasileira. Pouco depois, o governo dos Estados Unidos cassou-lhe a cidadania norte-americana.

É pouco sabido, entretanto, que Bohm só recuperou sua cidadania original 30 anos depois, após prolongada batalha judicial. Nesse período, viveu em Israel e na Inglaterra, sempre como cidadão brasileiro. Em formulários em que sua nacionalidade estava datilografada como norte-americana, ele a riscava e preenchia 'brasileira' à mão.

No Brasil, viveu atormentado pela insegurança pessoal e pela tensão da recepção desfavorável à interpretação causal. As cartas escritas quando aqui estava refletiam, ao lado de problemas reais existentes em nosso país, esses temores e insatisfações (para cartas de Bohm a Einstein, ver 'Bohm, Einstein e a ciência no Brasil', *Ciência Hoje*, nº 90, 1993). Elas não expressam, no entanto, a diversidade de sua experiência vivida aqui.

Sugestões para leitura

BOHM, D., *A totalidade e a ordem implicada*, São Paulo, Cultrix, 1992.

CHIBENI, S., *Aspectos da descrição física da realidade*, Campinas, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1997.

FREIRE Jr., O., *David Bohm e a controvérsia dos quanta*, Campinas, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1999.

PESSOA Jr., O. (org.), *Fundamentos da Física I – Simpósio David Bohm*, São Paulo, Livraria da Física, 2000.

Usinas nucle

A QUESTÃO DOS REJEITOS

A energia nuclear é usada em muitos países, inclusive no Brasil, para a geração de eletricidade, mas os riscos à saúde humana e ao meio ambiente associados a essa atividade assustam a população em geral. Minimizar o volume de rejeitos e os efeitos da radioatividade no meio ambiente pode ajudar na aceitação da energia nuclear, mas para isso é preciso conhecer quais os rejeitos gerados em todo o ciclo do combustível nuclear e desenvolver meios para neutralizá-los ou depositá-los de modo seguro.

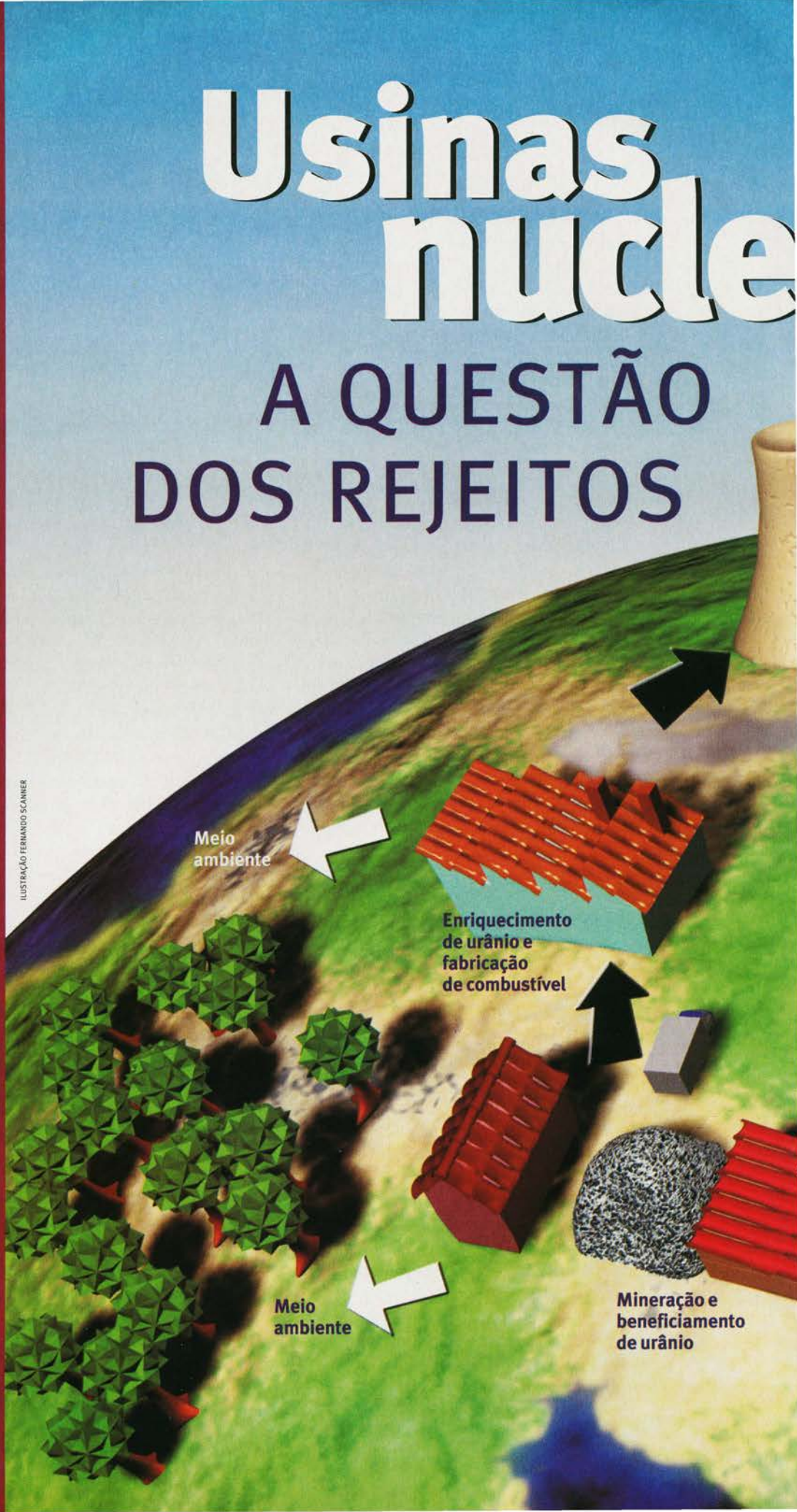


ILUSTRAÇÃO FERNANDO SCANNER

Anselmo S. Paschoa
Departamento de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ)

ares

A geração de energia elétrica a partir da energia armazenada nos núcleos dos átomos exige um complexo industrial que inclui, além de reatores nucleares, a mineração e o beneficiamento de urânio, a fabricação do combustível nuclear, o reprocessamento do combustível usado e o tratamento e gerenciamento (com ou sem isolamento permanente) dos rejeitos radioativos. Esse complexo é chamado, de forma simplificada, de ciclo de combustível nuclear (figura 1), embora o termo 'ciclo' seja inadequado, já que as extremidades do processo – a mineração, no início, e o gerenciamento dos rejeitos mais radioativos, após o reprocessamento do combustível nuclear – são abertas.

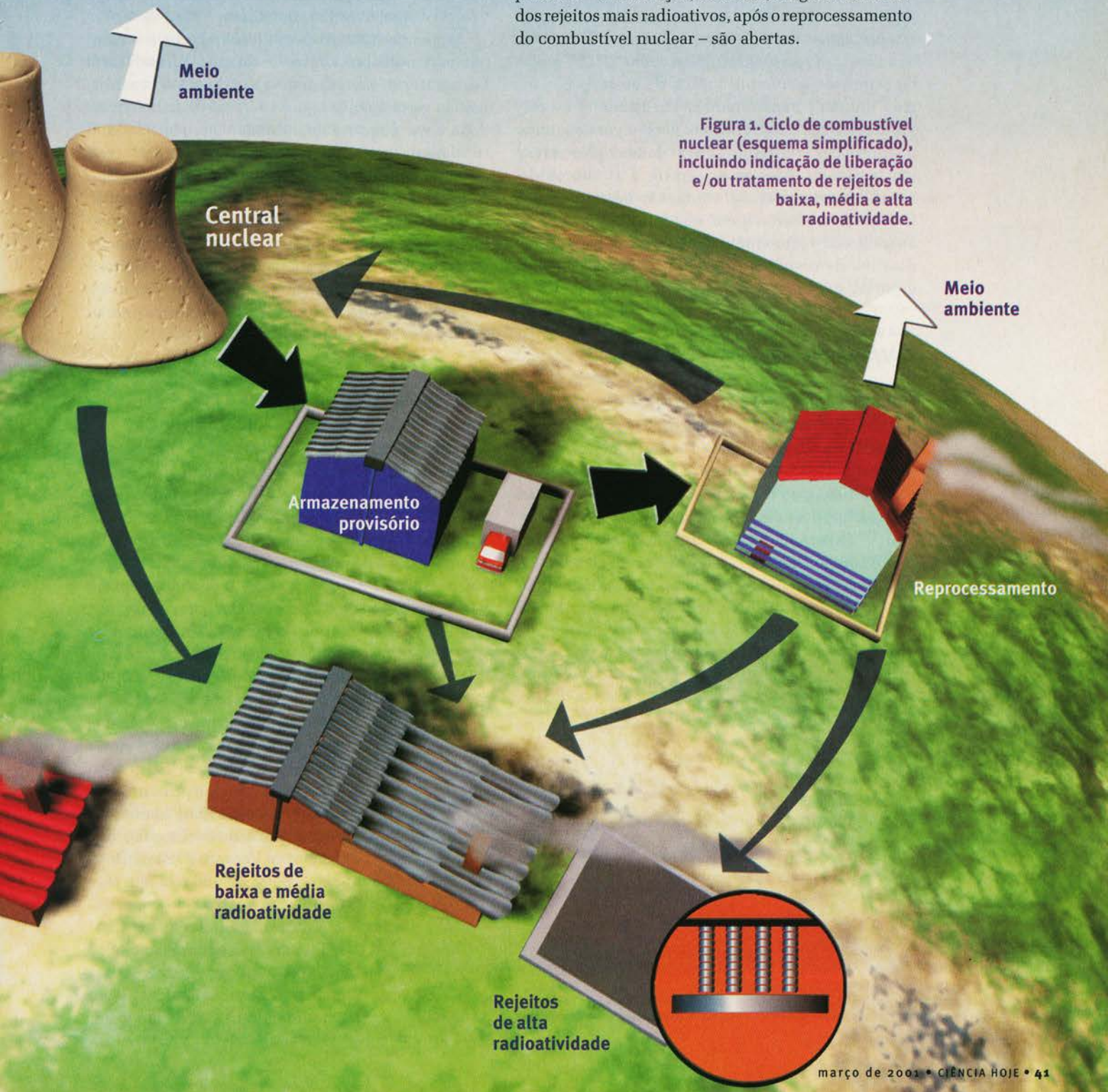


Figura 1. Ciclo de combustível nuclear (esquema simplificado), incluindo indicação de liberação e/ou tratamento de rejeitos de baixa, média e alta radioatividade.

Todas as fases do ciclo de combustível nuclear produzem rejeitos radioativos, classificados segundo o nível de radiação que emitem: baixa, média e alta (figura 2). Outras atividades nucleares e não-nucleares podem produzir rejeitos radioativos, mas estes em geral têm baixa atividade. Rejeitos de alta radioatividade são gerados apenas no ciclo de combustível nuclear, incluída aí a fabricação de artefatos nucleares, mais conhecidos como bombas atômicas.

Os aspectos técnicos da questão do lixo nuclear, como sua categorização ou seu gerenciamento, são provavelmente menos importantes que os complexos problemas sociopolíticos envolvidos. O conceito vulgarizado na língua inglesa como NIMBY (sigla da expressão *'not in my backyard'*, ou seja, 'não no meu quintal') transformou-se em bandeira de reivindicação para o público em geral e para algumas organizações contrárias ao uso da energia nuclear em particular. Mesmo no Brasil, a síndrome do NIMBY já foi observada, em função do acidente de Goiânia – a abertura em um ferro-velho de um aparelho de radioterapia contendo um isótopo radioativo de césio (ver 'Autos de Goiânia', encarte especial, em *Ciência Hoje* nº 40).

O VARIADO LIXO RADIOATIVO

Os subprodutos indesejáveis da fase de mineração e beneficiamento do urânio são resíduos sólidos dos minérios (rejeitos 'grosso' e 'fino'), além da contaminação de solos e águas. Os principais radionuclídeos (isótopos com núcleo radioativo) contidos nos rejeitos dessa fase são urânio-234 (^{234}U), tório-230 (^{230}Th) e rádio-226 (^{226}Ra), que apresentam, respectivamente, 'meias-vidas' de 250 mil, 80 mil e 1,6 mil anos – meia-vida é o tempo necessário para que a radioatividade de um material diminua à metade da existente no momento em que ele é inicialmente observado.

A presença de ^{226}Ra torna tais rejeitos fontes permanentes do gás nobre radônio (^{222}Rn), liberado para o meio ambiente. Como o radônio e os produtos de seu decaimento (processo em que isótopos radioativos transformam-se em outros isótopos ou elementos, em função da emissão de partículas e de radiação) têm alta radiotoxicidade, se inalados em altas concentrações, tenta-se evitar sua liberação para o meio ambiente através de cobertura impermeável dos rejeitos que contenham ^{226}Ra.

As plantas industriais que 'enriquecem' o urânio (aumentando a proporção do isótopo ^{235}U, mais raro na natureza) e produzem o combustível nuclear podem gerar apenas rejeitos sólidos de baixa atividade e em pequena quantidade. Quando é feita a reciclagem de urânio e plutônio, após o reprocessamento do combustível usado, é também provável a ocorrência de rejeitos sólidos com os mesmos radionuclídeos gerados na mineração e no beneficiamento. Já os reatores de fissão que produzem energia elétrica geram grande variedade de rejeitos. É mais fácil, porém, analisar tais rejeitos em duas situações distintas: em condições normais de operação e em caso de acidente.

O 'LIXO' COMUM DOS REATORES

Durante sua operação normal, os reatores liberam para o ambiente, de modo geral, produtos de fissão gasosos, como alguns isótopos dos gases nobres criptônio (Kr) e xenônio (Xe). Podem ainda ser liberados para o meio ambiente, dependendo do projeto de construção do reator, outros radionuclídeos gasosos, como os isótopos 131 a 135 do iodo, além de vários produtos de fissão e de ativação, como isótopos de carbono, cromo, manganês, ferro, cobalto, bromo, rubídio, estrôncio, ítrio, zircônio, nióbio, molibdênio, telúrio, césio, bário, lantânio, cério e praseodímio, uns líquidos e outros gasosos. O trítio (^{3}H, ou seja, hidrogênio com um próton e dois nêutrons no núcleo) também é produzido em reações de nêutrons com boro 10 (^{10}B) e lítio 6 (^{6}Li) e pode ser liberado em forma líquida e gasosa.

Entre os radionuclídeos liberados em reatores nucleares, apenas três merecem atenção especial, pois têm meia-vida longa, acumulando-se e circulando no

Figura 2. Rejeitos radioativos produzidos no ciclo de combustível nuclear

FASE	TIPO DE REJEITO	NIVEL DE RADIOATIVIDADE
Mineração e beneficiamento de urânio	Restos sólidos e água contaminada	Baixo
I. Fabricação de combustível (urânio)	Sólidos (urânio)	Baixo
II. Fabricação de combustível (MOX*)	Sólidos (urânio e plutônio)	Baixo
Reatores	Sólidos, líquidos e gasosos	Baixo e médio
Tanque de resfriamento	Líquido (água ativada)	Baixo e médio
Decantação e dissolução do combustível	Gases e restos de metais	Baixo e médio
Extração de urânio e plutônio**	Líquidos (99% de produtos de fissão)	Alta
Purificação de urânio e plutônio***	Líquido e sólido	Média

* MOX significa mistura de óxido e plutônio-urânio.
** Após a extração de urânio e plutônio o combustível pode ser reciclado para a fabricação do MOX.
*** A purificação de urânio e plutônio permite o uso do último tanto para fins pacíficos quanto militares.

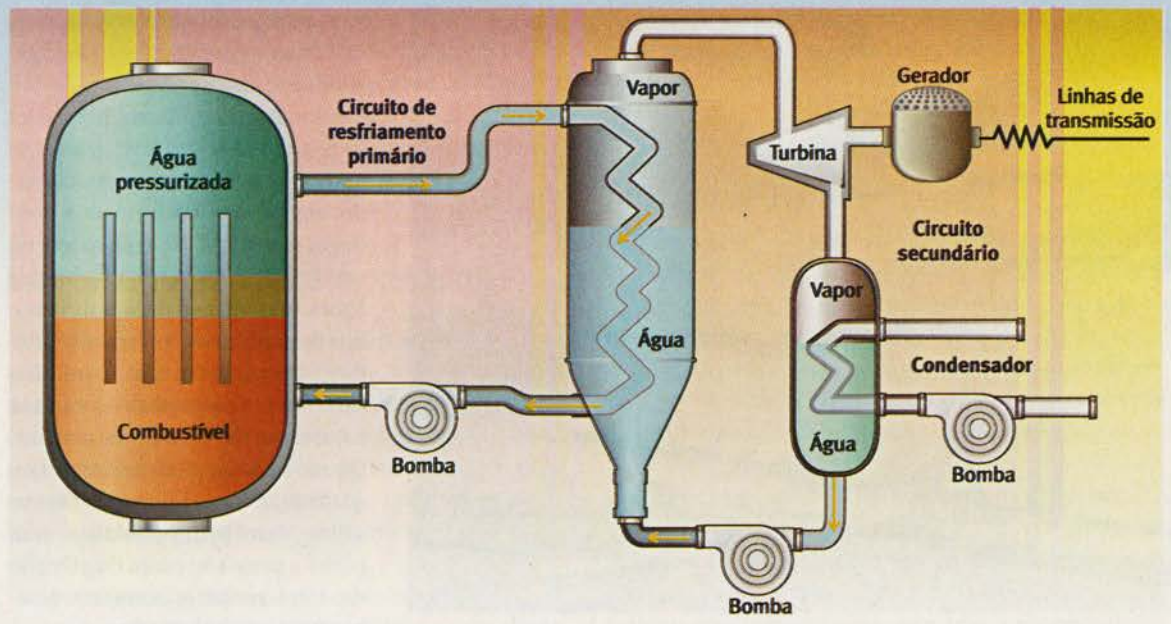


Figura 3. Reator nuclear a água pressurizada: o vapor gerado no circuito secundário aciona as turbinas, gerando eletricidade

ambiente global: trítio (12,3 mil anos), criptônio-85 (^{85}Kr, 10,7 mil anos) e carbono-14 (^{14}C, 57 mil anos). Por isso, qualquer estudo sobre os efeitos a longo prazo da geração de energia elétrica em reatores nucleares deve considerar as liberações totais desses isótopos.

Em todo o mundo, os rejeitos radioativos de usinas nucleares são monitorados e controlados permanentemente, dentro e fora das usinas, para minimizar a exposição do público à radiação ionizante. À medida que o combustível nuclear é queimado, os radionuclídeos são liberados de acordo com o chamado critério ALARA (sigla do inglês '*as low as reasonably achievable*', ou seja, 'tão baixo quanto razoavelmente atingível'), que leva em conta fatores econômicos e sociais.

Na maioria dos reatores em operação no mundo, o combustível nuclear é usado na forma de pastilhas cerâmicas de dióxido de urânio acondicionadas em tubos de ligas especiais, conhecidos como 'varetas'. Nesses reatores, o calor produzido pela fissão nuclear controlada do urânio presente nas varetas aquece a água contida em um circuito isolado, o circuito primário. A transferência dessa energia térmica, por trocadores de calor, vaporiza parte da água de um circuito secundário. Esse vapor move as turbinas geradoras de eletricidade (figura 3).

Produtos de fissão e de corrosão dos componentes do reator são encontrados, em concentrações variadas, no circuito primário do reator. Em conseqüência de falhas (como trincas) em cerca de 1% das varetas de combustível (percentual admissível), há uma pequena taxa de vazamento de radionuclídeos através do trocador de calor, em pontos de maior pressão. Assim, é possível encontrar traços de produtos de fissão e corrosão em parte do circuito secundário (no gerador de vapor) e eventualmente esses isótopos podem ser liberados para o meio ambiente em pontos como válvulas de vapor, pressurizadores, retentores e partes da tubulação.

Na atmosfera do compartimento onde o reator nuclear fica confinado, em um 'vaso de contenção', existem radionuclídeos gasosos e voláteis, enquanto um fosso de drenagem e tanques de retenção recebem os que ocorrem na forma líquida. O sistema de retenção e tratamento de rejeitos é projetado para que a maioria dos radionuclídeos fique retida em tanques, mas quantidades pequenas são liberadas segundo o critério ALARA: a programação dessa liberação assegura que as doses individuais, o número de pessoas expostas e as exposições indevidas sejam mantidos a níveis tão baixos quanto razoavelmente atingíveis.

COMO TRATAR OS REJEITOS

As doses médias anuais de radiação recebidas pelas populações vizinhas às usinas nucleares que geram energia elétrica, em condições normais de operação, são da ordem de 0,1 microsievert (μSv) por ano. Como quase todos os países adotam, para essas atividades, limites de dose entre 0,1 e 0,25 milisievert (mSv) por ano, a dose média anual acima citada é de um milésimo do mínimo adotado. Vale lembrar que a dose anual média de radiação natural recebida por seres humanos (de raios cósmicos e radionuclídeos naturais) é de cerca de 2 mSv, ou seja, quase 10 vezes maior que os limites de dose adotados para as usinas nucleares.

Figura 4. Roupas, móveis, plantas, utensílios e até a terra das áreas contaminadas tiveram que ser guardados em tambores, no acidente de Goiânia, em 1987

O sistema de tratamento de rejeitos de qualquer reator deve ser consistente com o critério ALARA. O período de armazenamento dos rejeitos dever ser suficientemente longo para que a radioatividade dos radionuclídeos de meia-vida curta torne-se trivial. Além disso, fatores de descontaminação são obtidos por processos físicos e químicos. No entanto, certos radionuclídeos exigem cuidados especiais. O isótopo 131 do iodo (^{131}I), por exemplo, é considerado crítico em caso de acidente, sendo importante conhecer sua atividade em cada etapa do sistema de tratamento. Após o acidente na usina nuclear de Three Mile Island, nos Estados Unidos, em 1979, o hidrogênio (H_2) e o hidrogênio tritiado (HT) passaram a ser convertidos em água para minimizar o risco de explosão. Naquele acidente descobriu-se que esses compostos de hidrogênio ofereciam sérios riscos de explosão se mantidos na forma gasosa.

Para reduzir a radioatividade de isótopos de gases nobres, eles são mantidos por três dias em tanques, antes da liberação. Com isso, isótopos de meia-vida curta do xenônio e criptônio têm sua atividade esgotada, só restando as atividades residuais do ^{133}Xe (cinco dias de meia-vida) e do ^{85}Kr (10 dias). Conhecer os radionuclídeos contidos no combustível usado, em qualquer momento, é importante em função de possíveis acidentes antes e durante o transporte. O rutênio 106 (^{106}Ru), isótopo de alta atividade e meia-vida de um ano, por exemplo, merece cuidados especiais porque forma o RuO_4, óxido volátil que pode escapar para a atmosfera.

Armazenar e transportar combustíveis nucleares usados exige o cumprimento de regras específicas. A proteção física dos combustíveis, bem como a blindagem usada no transporte, são importantes para manter a inviolabilidade do material transportado e proteger o público da exposição à radiação e aos materiais tóxicos. Já ocorreram acidentes no transporte de materiais radioativos, envolvendo em geral radiofármacos com baixa atividade. No transporte de combustível nuclear usado, até agora não há registros confirmados de acidentes. As radioatividades dos actinídeos formados no reator e dos produtos de fissão e corrosão decaem de forma contínua, mas não na mesma taxa, em função das diferentes meias-vidas. Isso torna bastante complexa a previsão exata da atividade total remanescente no combustível nuclear usado.

Combinando-se a intensidade da atividade inicial e a meia-vida, os principais responsáveis pelas emissões beta e gama, nos primeiros 1.000 anos após o uso dos combustíveis nucleares, são estrôncio-90 (^{90}Sr) e césio-137 (^{137}Cs). Comparados a esses produtos de fissão, os produtos de corrosão contribuem relativamente pouco para a radioatividade total dos combustíveis nucleares usados. No período além de 1.000 anos, a maior parte da radioatividade resulta do decaimento dos elementos da série dos actinídeos, entre eles urânio e plutônio, de longas meias-vidas – ^{239}Pu e ^{240}Pu, por exemplo, têm meias-vidas de 24 mil e 6,6 mil anos, respectivamente –, e dos produtos desse processo, de meias-vidas mais curtas. Esses dados são válidos apenas se o combustível usado não for reprocessado.

RISCOS VARIÁVEIS EM ACIDENTES

Em caso de acidente nuclear, os radionuclídeos liberados e seus efeitos sobre a população e o ambiente dependem do tipo de ocorrência e das medidas remediadoras e das contramedidas adotadas durante e após o evento. Para planejar as respostas ao acidente, é preciso modelar o transporte dos radionuclídeos por ar, solo e água e sua acumulação nos organismos, com base em dados sobre condições meteorológicas, características geográficas da área, densidade populacional, produção agropecuária e muitos outros. Tais dados também permitem nortear as medidas tomadas em tempo real, bem como avaliar as conseqüências do acidente (figura 4).

As decisões sobre ações protetoras e sobre a notificação ao público devem ser tomadas por autoridades independentes do funcionamento do reator

e que tenham treinamento específico, até porque algumas dessas decisões podem ser de alto risco. Para fundamentá-las, tais autoridades precisam ter em mãos informações como (1) descrição detalhada do acidente; (2) caracterização dos radionuclídeos liberados; (3) tipo dos sistemas de segurança do reator; (4) estimativa da dose a ser recebida pelo ar (por exposição direta e/ou inalação) e tempo necessário para atingir determinado nível de proteção; (5) dados micrometeorológicos e previsões seqüenciais de tempo; (6) operações de emergência em curso; (7) ações protetoras recomendadas no planejamento de emergência (incluindo evacuação e/ou abrigagem); (8) seqüência previsível do acidente, quanto às liberações de materiais radioativos; (9) monitoração da água de rios, lagos, enseadas, reservatórios e aqüíferos nas cercanias do reator; e (10) lista de todas as organizações nacionais e internacionais em condições de auxiliar, caso seja necessário.

Os rejeitos radioativos gerados por um acidente nuclear variam em função do tipo de acidente e da política de descontaminação adotada. O volume e a atividade desses rejeitos podem criar sérios problemas a longo prazo, como se verifica hoje em Chernobyl, na Rússia. O custo para descontaminar a vasta região onde são mantidos os rejeitos do acidente de 1986 é avaliado entre US$ 5 bilhões e US$ 15 bilhões, dependendo do nível de descontaminação previsto e de quem faz a avaliação.

Hoje, os rejeitos de Chernobyl – helicópteros, caminhões, tratores, robôs e uma miríade de outros materiais contaminados – cobrem uma área de vários milhões de metros quadrados. O depósito permanente dos rejeitos do acidente de Goiânia (figura 5), por exemplo, com área cercada de aproximadamente 185 mil m^2, é uma minúscula parte do que seria necessário para guardar em definitivo os rejeitos do acidente de Chernobyl.

COMBUSTÍVEL USADO: O QUE FAZER?

O combustível nuclear, composto por pastilhas de urânio metálico enriquecido a até cerca de 3,5%, como no caso das usinas nucleares brasileiras, precisa ser trocado quando a quantidade do material físsil cai a níveis inadequados. Ao fim da vida útil para a produção de energia elétrica, o combustível nuclear ainda contém ^{235}U (a parcela não consumida no processo de fissão) e pequena fração do isótopo ^{238}U (a maior parte do urânio enriquecido) terá sido transmutada em ^{239}Pu e em outros elementos transurânicos.

Após o emprego na geração de energia elétrica, o combustível nuclear usado é de início armazenado por no mínimo 150 dias em piscinas de água purificada. Depois desse depósito temporário, feito em geral junto ao reator, para minimizar problemas de transporte, a emissão radioativa do material terá caído para cerca de 3% da inicial, graças à desintegração dos radioiodos em geral e, em particular, do ^{131}I (produto de fissão, com meia-vida de 8,05 dias) e do ^{237}U (meia-vida de 6,8 dias).

O combustível usado pode ser reprocessado, para separar o urânio e o plutônio dos demais produtos de fissão e de ativação contidos no próprio combustível, no seu envelope e nas estruturas de sustentação. Reprocessar ou não esse material, porém, é uma decisão política e não apenas técnica. Quanto ao destino a ser dado ao combustível usado e aos rejeitos de alta radioatividade do reprocessamento, ainda não existem soluções universalmente aceitas.

Depois de extraídos, tanto o urânio quanto o plutônio podem ser reutilizados na produção de energia (em usinas nucleares) ou usados para fins militares (fabricação de bombas atômicas). O combustível reprocessado pode ainda ser reciclado, para a produção de MOX (dióxido de urânio-plutônio), de uso em alguns tipos de reatores. Assim, o combustível nuclear usado não é tecnicamente considerado um rejeito. Tal conceito, no entanto, talvez seja incorreto, se a decisão de não reprocessar não puder ser mudada. Nesse caso, ele receberá o mesmo tratamento dado a rejeitos de alta radioatividade: blindagem, resfriamento e armazenamento em depósito permanente.

Além disso, por questões ligadas à política internacional, é necessário manter o combustível usado sob salvaguardas nucleares. Tais salvaguardas têm sido o objeto principal das atividades da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e de um número considerável de tratados e acordos interna-

CORTESIA DE ALFREDO TRANJAN FILHO

Figura 5. Depósito, em Abadia de Goiás (GO), dos rejeitos radioativos do acidente ocorrido em 1987 em Goiânia

cionais. O Brasil e a Argentina desenvolveram um modelo operativo de salvaguardas nucleares considerado como um exemplo potencialmente aplicável a outras regiões da Terra.

De acordo com estudos publicados em 1987 no livro *Nuclear Power: policy and prospects* (*Energia nuclear: política e perspectivas*), os combustíveis nucleares usados e não reprocessados têm sua atividade total dividida por 10 em 100 anos, por 100 em 400 anos, por mil em 2 mil anos e por 10 mil em 100 mil anos. Já os rejeitos do reprocessamento, admitindo-se que este ocorra após 10 anos de armazenamento do combustível usado, terão sua atividade total dividida por 10 mil em 10 mil anos (uma redução por um fator 10), já que parte dos actinídeos é eliminada no processo. Esta é a base para a afirmação usual de que os rejeitos de alta radioatividade precisam ser armazenados por pelo menos 10 mil anos.

OS REJEITOS DO REPROCESSAMENTO

A qualquer momento, após o 'resfriamento' inicial (em piscinas), o combustível usado pode ser reprocessado. Existem vários tipos de plantas de reprocessamento, dependendo dos padrões adotados para proteção aos trabalhadores e preservação do meio ambiente. Quando se quer recuperar o ^{235}U e o ^{239}Pu contidos no combustível usado, para fins militares ou para um segundo ciclo de combustível, isso é feito com um tratamento químico que converte os produtos de fissão em compostos adequados para armazenamento a longo prazo e extrai urânio e plutônio, além de outros elementos transurânicos.

O tratamento químico aplicado ao combustível usado libera produtos de fissão gasosos, como ^{129}I, $^{14}CO_2$, ^{85}Kr e outros. Alguns são removidos durante a limpeza da tubulação e outros são absorvidos em carvão ativado, usando-se solventes fluorinados e congelamento para extrair gases mais inertes, como o criptônio. Os efeitos ambientais de rotina no reprocessamento estão relacionados a essas liberações de gases para a atmosfera, dentro do critério ALARA.

Rejeitos sólidos altamente radioativos e com elevadas temperaturas também são gerados durante esse tratamento químico. Extrações a solvente produzem compostos de urânio e plutônio, misturados a nitratos de produtos de fissão. Os primeiros podem ser separados nesse estágio do processo, mas em alguns casos são deixados junto com os produtos de fissão para evitar o uso não autorizado do plutônio físsil para, por exemplo, a fabricação de armas nucleares. Os rejeitos incluem ainda peças estruturais e materiais de cobertura do combustível, não dissolvidos, que resistem ao tratamento químico e exigem armazenamento especial.

O reprocessamento envolve tratamento químico, como dito anteriormente, sujeito a explosões e a acidentes de criticalidade, estes causados pelo eventual acúmulo de uma quantidade mínima de material físsil capaz de sustentar uma reação em cadeia (massa crítica). Já ocorreram acidentes tanto em plantas de reprocessamento quanto em unidades de recuperação de ^{235}U. O controle da criticalidade deve ser cuidadoso. Os volumes e as formas dos vasos por onde o material físsil passa durante o reprocessamento são projetados de modo a evitar que a massa crítica seja alcançada, e usa-se 'venenos' de nêutrons para diminuir a chance de isso acontecer. Apesar de todo o cuidado, porém, um acidente de criticalidade ocorreu recentemente em Tokaimura, no Japão (ver 'As perguntas sem resposta de Tokaimura', em *CH* nº 155).

As plantas de reprocessamento fazem parte do ciclo de combustível nuclear em apenas poucos países. A circulação global (na atmosfera) de ^{129}I, cuja meia-vida é de cerca de 16 milhões de anos, dá uma indicação de quanto combustível nuclear já foi reprocessado.

O COMPLEXO GERENCIAMENTO DOS REJEITOS

As tentativas de minimizar os efeitos ambientais dos rejeitos radioativos são importantes para que a população possa aceitar o uso de reatores nucleares para a produção de energia elétrica. Essas tentativas formam as bases do gerenciamento dos rejeitos nucleares, que objetiva a redução a um mínimo do volume desses rejeitos e o controle da radioatividade, na medida do possível.

O exame da quantidade e da atividade dos rejeitos produzidos, nas várias fases do ciclo de combustível nuclear, nos Estados Unidos, país onde esse ciclo é completo e funciona há mais de meio século, revela o tamanho e a dificuldade dos problemas a serem resolvidos. Cabe salientar, porém, que os programas de pesquisa de bombas nucleares (com testes no subsolo ou a céu aberto), de países como Estados Unidos e a antiga União Soviética, foram os maiores produ-

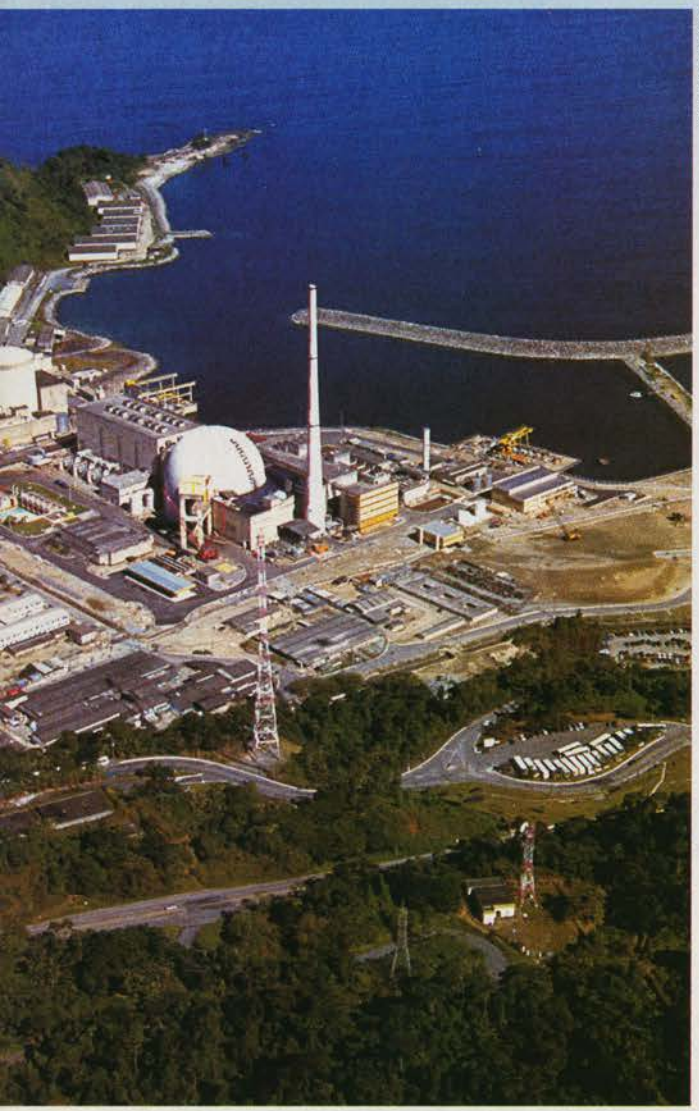


FOTO MARCUS ALMEIDA

Figura 6. No complexo nuclear de Angra dos Reis, todo o combustível usado até agora está guardado na área das usinas

tores de rejeitos radioativos. Finda a chamada Guerra Fria entre esses países, dificilmente o inventário da radioatividade e do volume de rejeitos crescerá a uma taxa comparável à das últimas cinco décadas.

Hoje, nos Estados Unidos, atividades de descontaminação de instalações, solos e águas subterrâneas são realizadas em 113 locais. Estima-se que seja necessário descontaminar cerca de 67 bilhões de m^3 de água, o que equivale a quatro dias de consumo desse recurso naquele país. O volume total de solos contaminados é de 40 milhões de m^3, o suficiente para encher cerca de 15 estádios de futebol com capacidade de 22 mil pessoas cada um. Sobram ainda, segundo o Departamento de Energia dos Estados Unidos, 18 toneladas de plutônio, o bastante para construir alguns milhares de bombas nucleares. É difícil saber quanto custará o tratamento de todo o rejeito nuclear acumulado nos Estados Unidos, mas estimativas atuais indicam gastos, nas próximas décadas, superiores a US$ 250 bilhões.

Na antiga União Soviética, a situação dos resíduos decorrentes da Guerra Fria é ainda mais impressionante. Aguardam desmontagem 142 submarinos nucleares, ainda com seus reatores, e o futuro de uma quantidade estimada entre 100 e 130 toneladas de plutônio continua incerta, isso sem citar o acidente de Kyshtym (uma explosão em uma planta de produção de plutônio, próxima a essa cidade) e a contaminação do rio Techa pelos rejeitos da operação de várias plantas nucleares na mesma região.

No Brasil, todo o combustível usado até agora está acondicionado em estruturas guardadas em uma piscina de água purificada no próprio sítio da região de Angra dos Reis, onde ficam os dois reatores nucleares de potência, Angra I e Angra II (figura 6). Em países sem o ciclo completo do combustível nuclear, esse é o procedimento adotado: guardar o combustível usado em piscinas ou tanques de água, por no mínimo 150 dias, para que a temperatura e a radioatividade iniciais diminuam.

Todo o combustível usado no Brasil está submetido às salvaguardas nucleares nacionais e internacionais. Cabe à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), no plano interno, a responsabilidade quanto aos rejeitos, e são também obedecidas as normas da Agência Brasileira-Argentina para a Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC) e da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). A base técnica que permitiu um controle internacional aceitável de salvaguardas nucleares, tanto no Brasil quanto na Argentina, foi o estabelecimento do Sistema Comum de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (SCCC), aprovado em 1990.

À ESPERA DE SOLUÇÕES

Todos esses dados revelam que rejeitos radioativos são produzidos em todas as fases do ciclo de combustível nuclear, em maior ou menor volume, incluindo desde isótopos e materiais de baixa emissão até alguns de alta radioatividade. Sabe-se ainda que a tecnologia disponível hoje, inclusive no Brasil, é adequada para a construção e gerenciamento de depósitos definitivos para rejeitos de baixa ou média atividade.

Os rejeitos de alta radioatividade só são produzidos quando há reprocessamento do combustível nuclear usado, e ainda não existe uma solução universalmente aceita para esses rejeitos. No entanto, países que têm (ou tiveram) programas nucleares militares, em especial os Estados Unidos, vêm realizando esforços consideráveis para resolver os problemas gerados pelo grande volume acumulado de rejeitos. ■

Sugestões para leitura

GOLDEMBERG, J.; FEIVESON, H. A. 'Denuclearization in Argentina and Brazil', *in Arms Control Today*, março de 1994, p. 10, 1994.

ILYIN, L. A. *Current problems in radiation protection, radiation medicine, and radiation biology in Russia*, Branderburg Section of the German Nuclear Society (lecture), 2000.

JONES, P. M. S. (Ed.). *Nuclear Power: policy and prospects*, Chichester, John Wiley & Sons, 1987.

PASCHOA, A. S. 'The Latin America experience on safeguards of nuclear materials', *in Comparative analysis of approaches to the protection of fissile materials* (Proceedings of a Workshop at Stanford University), Lawrence Livermore National Laboratory (University of California), p. 79, 1998.

HISTÓRIA Três milhões de manuscritos sobre o passado brasileiro chegam finalmente a nossos arquivos

De alma lavada

Instalado desde 1930 neste prédio, em Lisboa, o Arquivo Histórico Ultramarino reúne o maior volume de documentos manuscritos sobre as antigas colônias portuguesas

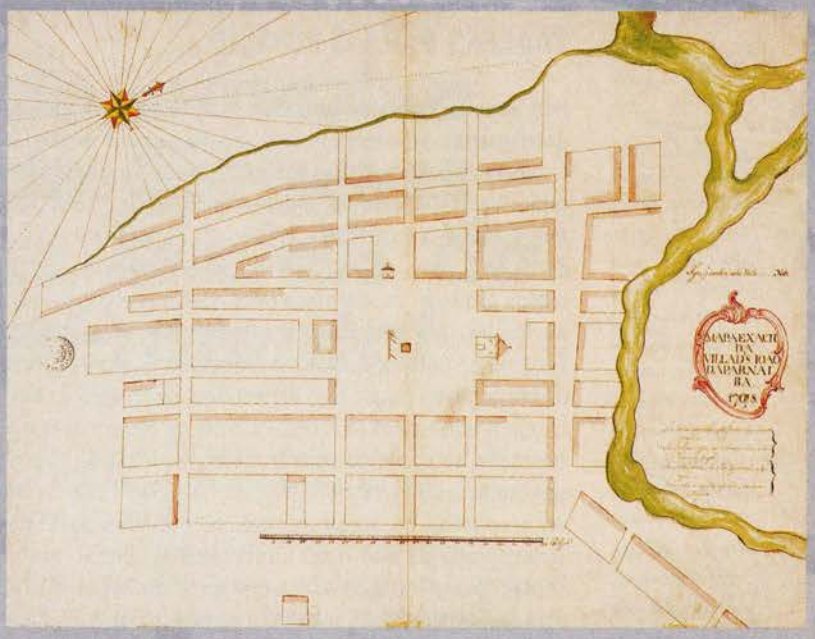
Criado em 1838, o Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro não hesitou em enviar emissários para o outro lado do Atlântico atrás de tudo quanto fosse revelador, útil e meritório sobre o passado da então recém-fundada nação. Com o encargo oficial de identificar e copiar documentos de interesse do Brasil depositados em arquivos históricos, principalmente portugueses, o poeta Antônio Gonçalves Dias viajou para a Europa em 1854 e foi sem dúvida o mais notável de nossos copistas burocráticos. Em cartas enviadas a parentes e amigos durante esse período de penoso e interminável trabalho, ele chegou a se queixar das fortes dores que lhe acometiam o punho.

Durante a segunda metade do século 19 e ao longo do século 20, vez por outra montaram-se campanhas semelhantes àquela em que se meteu o nosso maior poeta romântico. Apesar dos esforços, o resultado dessas investidas, embora importante, era inevitavelmente pífio. Afinal, o volume de documentos sobre o nosso passado colonial era tão espetacularmente grande que nem mesmo um exército de escribas bem-intencionados daria conta de cumprir na íntegra a extraordinária tarefa.

Com a aproximação dos festejos comemorativos dos 500 anos da chegada dos portugueses ao Brasil, o Ministério da Cultura tratou de levantar fundos (cerca de US$ 3 milhões) e viabilizar, com o apoio de mais de cem instituições brasileiras e portuguesas, públicas e privadas, o velho e sempre frustrado anseio de ver copiada e depositada em território nacional toda a documentação referente ao nosso passado colonial. Para tanto, mobilizou quase uma centena de pesquisadores, entre historiadores, arquivistas e paleógrafos, com a finalidade de vasculhar o Arquivo Histórico Ultramarino (AHU), em Lisboa, onde estão 80% dos papéis sobre o Brasil existentes no exterior, e preparar os documentos para a microfilmagem (ver 'História do Arquivo Ultramarino').

"São três milhões de páginas manuscritas", afiança Esther Caldas Bertoletti, responsável pela coordenação técnica desse monumental empreendimento, que teve início em 1994 e foi denominado Projeto Resgate de Documentação Histórica Barão do Rio Branco. O pomposo nome ganhou uma variação popular, Projeto Resgate, e como tal ficou conhecido. "Se considerarmos outros arquivos portugueses, mais o que há na Espanha, França, Itália e Holanda, o total de páginas deve ultrapassar a casa dos cinco milhões", diz Bertoletti (ver 'Tarefas para o futuro').

Os portugueses, em contrapartida, deram início ao Projeto Re-



FOTOS: LAURA CASTRO CALDAS E PAULO CINTRA

Dois exemplos da coleção cartográfica do AHU: 'Mapa exato da Villa de S. João da Parnaíba', Oeiras, Piauí, 1798; e 'Mapa topográfico do Horto Botânico de Ouro Preto', por Manoel Ribeiro Guimarães, 1799

encontro, com o objetivo de recuperar documentos de interesse para a história de Portugal depositados em arquivos brasileiros, sobretudo os do chamado período joanino (1808-1821), que coincide com a permanência da corte de Dom João VI no Rio de Janeiro.

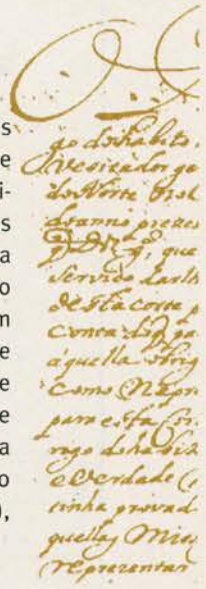
O que já havia sido feito antes, como o trabalho pioneiro do historiador Caio Boschi, que ensina História do Brasil na PUC-Minas e em universidades portuguesas, o Projeto Resgate aproveitou. Durante as comemorações do bicentenário da Inconfidência Mineira, em 1989, Boschi deu início à organização e catalogação dos cerca de 14 mil documentos relativos à capitania de Minas Gerais depositados no AHU. Os centenários da Abolição e da Procla-

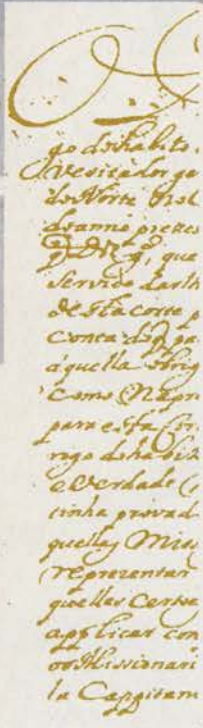
Informação ao alcance de todos

Sempre se soube da importância da documentação do Arquivo Ultramarino para a história do Brasil colonial. São prova disso as levas de copistas e estudiosos que lá estiveram no passado e o número cada vez maior de visitas que a instituição recebeu, sobretudo nas últimas décadas. Levantamento recente revelou que em quatro anos o AHU foi procurado por nada menos que 1.700 pesquisadores brasileiros. Apesar disso, parte substancial do acervo ainda estava por ser estudada e sequer tinha sido classificada.

História do Arquivo Ultramarino

A documentação depositada no AHU veio essencialmente de dois órgãos da administração portuguesa: o Conselho Ultramarino, criado em 1642, e a Secretaria de Estado dos Negócios da Marinha e Domínios Ultramarinos, criada mais tarde, em 1736. No século 19 os arquivos dessas duas instituições se fundiram e foram levados para a seção de manuscritos da Biblioteca Nacional de Lisboa. Mais tarde essa documentação integrou o Arquivo da Marinha, chegando também a fazer parte do arquivo de um antigo Ministério das Colônias. Só nos anos 30 do século 20 é que se criaria o Arquivo Histórico Ultramarino. Hoje subordinado ao Instituto de Investigação Científica e Tropical, o AHU armazena o maior volume de documentos manuscritos sobre as ex-colônias de Portugal. Além de sua variada documentação iconográfica, de uma preciosa documentação cartográfica e de inúmeros códices (reunião de documentos compilados), há sobretudo uma monumental documentação manuscrita avulsa.





TAREFAS PARA O FUTURO

Nos anos 70, o historiador Caio Boschi elaborou um guia dos arquivos portugueses de interesse para o pesquisador de História do Brasil.

Levantamentos feitos com base nesse guia e em fontes adicionais apuraram a existência de documentos em Braga, no Porto, em Évora, Coimbra, Muge, Penalva do Castelo, Vila Real, Vila Viçosa e em inúmeros arquivos de Lisboa. Além do Arquivo Histórico Ultramarino, destacam-se, entre outros arquivos de interesse para o Brasil na capital portuguesa, a Torre do Tombo, que guarda documentos sobre a Inquisição, e o Arquivo do Tribunal de Contas, que reúne a documentação do Erário Régio, de grande importância para a história econômica da colônia brasileira.

Em breve estará concluído o *Guia de fontes para a história do Brasil holandês*, e não deve tardar trabalho semelhante sobre arquivos franceses, italianos e espanhóis. Na Espanha, onde a documentação vem sendo preparada há algum tempo, os arquivos de Simancas, Sevilha e Tenerife são os que mais interessam ao Brasil. Pretende-se também copiar documentos do Arquivo Secreto do Vaticano. Todo esse trabalho está orçado em R$ 1,5 milhão, e a microfilmagem do material deverá ter início ainda este ano. Mais adiante, deverão ser recuperados também os quase 100 mil documentos sobre o nosso passado colonial que estão em arquivos ingleses, alemães e austríacos.

mação da República, comemorados respectivamente em 1988 e 1989, também suscitaram trabalhos sistemáticos de organização, leitura e cópia do acervo.

Por instrução do Ministério da Cultura, as equipes encarregadas do levantamento seguiram as recomendações feitas pela Unesco em seu programa Memória do Mundo. Os documentos foram um a um identificados, datados, organizados e lidos na íntegra, fornecendo subsídios para a elaboração de um verbete que resume o seu conteúdo. Em seguida foram microfilmados, e os rolos de microfilmes (três mil, ao todo), postos à disposição de interessados na Biblioteca Nacional, no Arquivo Nacional e nos arquivos públicos estaduais.

De algumas capitanias já foram publicados catálogos com os verbetes-resumo das 300 mil peças microfilmadas e a referência da íntegra do documento no rolo de microfilmes. Ao final do projeto, todos os verbetes estarão disponíveis em catálogos. O pesquisador poderá então percorrê-los e identificar, a partir dos verbetes, os itens de seu interesse a serem visualizados nos filmes.

Todo o material foi também gravado em CD-ROMs. Para se ter uma idéia de sua magnitude, basta lembrar que só os papéis referentes à capitania de Minas Gerais abarrotaram nada menos que 54 CDs. A documentação referente à capitania do Rio de Janeiro, a última a ser microfilmada, é ainda maior, quase o dobro da de Minas. O Ministério da Cultura empenha-se para que até junho próximo todos os documentos do AHU que nos interessam estejam no Brasil. A meta seguinte é consolidar uma grande base de dados contendo toda a documentação recolhida e disponibilizá-la na internet.

O sentido profundamente democrático do projeto – considerado "emblemático" pelo ministro da Cultura, Francisco Weffort – é a sua face mais visível e palpitante. Daqui para a frente, nenhum brasileiro terá mais de atravessar o Atlântico para estudar o passado colonial de seu país. Bastará procurar o Arquivo Público de seu estado ou, muito em breve, ligar um microcomputador acessado à internet.

Um Brasil mais nítido

Os documentos do AHU versam sobre a rotina burocrática de vários órgãos metropolitanos, sobretudo aqueles voltados para a administração do ultramar português. Em sua essência, essa documentação expressa as relações político-administrativas entre a metrópole e a capitania: o ato de governar propriamente dito e a administração fazendária, de pessoal, eclesiástica, judiciária e militar. São em geral cartas régias, decretos, alvarás, provisões, portarias, requerimentos, cartas e ofícios, consultas, cartas patentes, pareceres e passaportes, além de relatórios, mapas estatísticos e cartografia. Tudo isso dá suporte a pesquisas voltadas para a história político-administrativa, militar e diplomática. "O que está no AHU é o pulsar administrativo, o dia-a-dia da 'governação' colonial", resume o historiador Caio Boschi.

O Conselho Ultramarino, além de estudar relatos, requerimentos e petições, fazia análises e emitia pareceres, que eram elucidativos para as resoluções a serem baixadas pelo rei. Ao percorrer sua documentação, flagra-se o comportamento de provedores, ouvidores, governadores, vice-reis, capitães-generais, sargentos-mores, oficiais de câmaras municipais e do cidadão comum, seja funcionário civil, militar ou reli-

gioso. Por intermédio dos relatórios, tem-se acesso a queixas e pedidos, intrigas e prestação de contas, atos de obediência ou de insubordinação ao governo metropolitano. Detecta-se, em contrapartida, a reação das autoridades da metrópole.

Não faltam curiosidades. Na documentação referente ao Ceará, por exemplo, há uma carta do ministro da Marinha e Domínios Ultramarinos pedindo ao vice-rei, Dom Luís de Vasconcelos Gonzaga, que envie a Portugal aves mais exóticas, uma vez que araras e papagaios já haviam se tornado vulgares nos viveiros reais.

Na opinião do historiador paulista José Jobson Arruda, coordenador dos trabalhos referentes à documentação da capitania de São Paulo, "a massa de documentos posta à disposição dos pesquisadores é tão grande, que boa parte da nossa história terá de ser reescrita". Já a historiadora Heloísa Bellotto, que chefiou em Lisboa a equipe encarregada da documentação paulista, não acredita na revelação de informações espetaculares sobre o nosso passado. A seu ver, no entanto, "está por vir um quadro mais claro e consistente do que eram a vida e o jogo do poder na colônia".

Roberto Barros de Carvalho
Ciência Hoje/MG

BIOQUÍMICA

ANTIBIÓTICO É EXTRAÍDO DE ARANHA-CARANGUEJEIRA

Estudo desenvolvido pela Universidade de São Paulo (USP) descobriu que a aranha-caranguejeira (*Acanthoscurria gomesiana*) produz uma substância, a gomesina, extremamente eficaz no combate a 24 espécies de bactérias, nove fungos e cinco leveduras.

A gomesina é um peptídeo, proteína formada por unidades menores chamadas aminoácidos, e funciona como um antibiótico no organismo da aranha. "Retiramos a substância do sangue da aranha e montamos um análogo sintético, uma estrutura equivalente à gomesina em laboratório", explica Sirlei Draffe, coordenadora do estudo realizado pelo Instituto de Ciências Biomédicas da USP, em colaboração com o Philippe Bulet, do Centro Nacional de Pesquisa (França). Os testes realizados mostraram que a gomesina é eficiente na eliminação de bactérias como as que causam infecções hospitalares (*Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus saprophyticus*), pneumonia (*Klebsiella pneumoniae)* e meningite (*Cryptococcus neoformans*).

Espera-se que a substância comece a ser testada em seres humanos daqui a poucos anos e seja utilizada em uma nova geração de antibióticos que não permita a sobrevivência de bactérias resistentes, como ocorre atualmente. "Em geral, as bactérias se multiplicam a cada 20 minutos. A diferença entre o tempo de ação do medicamento e da replicação das bactérias vai selecionando as mais resistentes", explica Daffre. A gomesina é mais vantajosa do que os antibióticos tradicionais por agir diretamente na membrana da bactéria, permeabilizando-a, o que causa a morte da bactéria pela saída de substâncias do interior das células. Já os antibióticos convencionais levam mais tempo para entrar na bactéria e começar a agir contra ela, inibindo a síntese de proteínas e de ácidos nucléicos como o DNA e o RNA. "Já conhecíamos a ação dos peptídeos antimicrobianos em insetos e vertebrados, mas não em aracnídeos. O que nos levou a estudar as aranhas foi o fato de serem animais com vida longa e, portanto, que deveriam ter um sistema imunológico eficiente", informa Daffre.

GASTROENTEROLOGIA Estudo avalia sensibilidade da *Helicobacter pylori* a antibióticos

Úlceras resistentes

A *Helicobacter pylori*, bactéria causadora da úlcera péptica – lesão da mucosa gastroduodenal –, está cada vez mais resistente aos quatro antibióticos mais utilizados na sua erradicação. Uma equipe de pesquisadores da Unidade Integrada de Farmacologia e Gastroenterologia da Universidade de São Francisco (USF), campus de Bragança, coordenada pelo gastroenterologista José Pedrazzoli Jr., realizou um estudo para avaliar a sensibilidade do agente infeccioso aos medicamentos. O resultado deixou os cientistas surpresos: a resistência à amoxicilina foi constatada em 28% dos casos, e à claritromicina, em 9%. Pela primeira vez no Brasil, foi detectada a resistência em torno de 5% a outros dois antibióticos, tetraciclina e furazolidona.

A úlcera péptica atinge tanto o estômago quanto o duodeno e, informa Pedrazzoli, estima-se que 10% da população mundial vai ter úlcera pelo menos uma vez. No entanto, nem todos os contaminados pela *Helicobacter pylori* desenvolvem úlcera, e cerca de 70% sofrem apenas de gastrite. Segundo Pedrazzoli, a forma de contágio da bactéria varia de acordo com as condições de vida da população. "Nos países mais desenvolvidos, a contaminação ocorre, majoritariamente, entre pessoas que têm uma relação muito próxima, como namorados e familiares. Já nos subdesenvolvidos ela é mais freqüente pela ingestão de alimentos e água contaminados, além de facilitada por condições precárias de higiene durante a infância. Por conta disso, o número de crianças infectadas também é bem maior nesses países", explica.

Para testar a resistência aos medicamentos, a equipe analisou pacientes que apresentavam queixas digestivas e que procuraram o hospital da Universidade para fazer uma endoscopia e biópsia do estômago. Os 100 primeiros infectados pela *Helicobacter pylori* tiveram seus casos estudados. As bactérias encontradas na biópsia foram, então, deixadas em um meio de cultura para se desenvolver e, em seguida, introduzidas em outras culturas com variadas concentrações dos quatro antibióticos. Assim, pôde-se calcular o percentual de resistência a cada antibiótico.

É muito comum, segundo Pedrazzoli, a crença de que pessoas estressadas estão mais sujeitas a desenvolver úlceras. No entanto, essa hipótese está ultrapassada para os cientistas. "Estudos realizados com controladores de vôo, que trabalham sob forte tensão, revelam que esses profissionais sofrem de problemas gástricos na mesma proporção que pessoas mais calmas", diz o gastroenterologista. E completa: "O estresse pode, sim, acentuar os sintomas, mas muito raramente será a causa de uma úlcera".

Antigamente, as úlceras eram tratadas basicamente com drogas que buscavam apenas reduzir a hiperacidez do estômago e do duodeno. "Hoje, são propostos dois tratamentos, que não só diminuem a acidez mas, principalmente tentam erradicar a bactéria. Caso ela não seja eliminada, o risco de recidiva é de 80%", alerta o médico. O tratamento mais usado atualmente é um coquetel de amoxicilina e claritromicina, associado ainda a um bloqueador de secreção ácida. O segundo tratamento – menos utilizado porque possui efeitos colaterais mais fortes, como enjôo, dores abdominais e alteração de paladar – é à base de tetraciclina combinada com furazolidona, associadas a um sal de bismuto.

A pesquisa não ficou restrita somente ao estudo da resistência da bactéria a cada antibiótico. Em uma segunda etapa, testou-se a eficácia dos dois coquetéis para a úlcera péptica. Foram medicados dois grupos de 46 pacientes e cada

grupo tomou somente um dos coquetéis. O índice de erradicação foi de cerca de 60% em ambos os casos, ou seja, nos 40% restantes, o tratamento não surtiu o resultado desejado. "Com o alto grau de resistência aos medicamentos, ficou claro que é preciso fazer uma reavaliação, adequando os tratamentos às diferentes regiões do Brasil, já que o índice de resistência pode variar de um lugar para outro", sugere Pedrazzoli. Apesar da baixa resistência – constatada na primeira etapa da pesquisa – às drogas tetraciclina e furazolidona, a eficácia do segundo tratamento, segundo o pesquisador, foi muito reduzida porque, provavelmente, não foi seguido de maneira adequada pelos pacientes. "É o que chamamos de falência terapêutica."

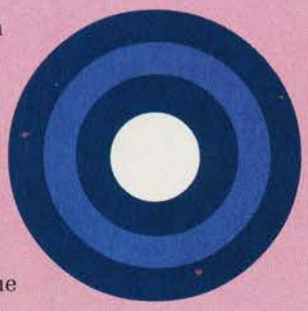
A hipótese mais provável, segundo o pesquisador, é a de que a resistência ocorre em função da exposição constante da bactéria aos antibióticos. "Algumas pessoas realmente precisam tomar antibióticos para tratar doenças, mas a maioria provavelmente desenvolve resistência por tomá-los mesmo quando não são necessários. Além disso, muitas utilizam os remédios de forma inadequada, interrompendo o tratamento indicado pelo médico", diz.

Apesar dos altos índices de resistência, os tratamentos à base de claritromicina e amoxicilina ou tetraciclina e furazolidona ainda são os mais recomendados, segundo o pesquisador. Ele ressalta ainda que só se deve tomar esses medicamentos com o diagnóstico de um especialista. "Caso o tratamento não esteja apresentando os resultados esperados, é aconselhável repetir a endoscopia e a cultura para detectar a quais antibióticos a bactéria é resistente."

Luís Henrique Valdetaro
Ciência Hoje/RJ

ONCOLOGIA

DROGA CONTRA CÂNCER DE MAMA INIBE AÇÃO DO GENE CAMK-II



Feita por pesquisadores da Escola Paulista de Medicina (EPM) da Universidade Federal de São Paulo, uma descoberta relativa aos efeitos do tamoxifeno, medicamento utilizado no tratamento do câncer de mama, pode trazer novo alento às pacientes dessa enfermidade. Já se sabia que o tamoxifeno bloqueia a ação do hormônio feminino estrogênio, que estimula a divisão celular na mama, e um estudo norte-americano com 13 mil mulheres já havia comprovado que ele previne o desenvolvimento do câncer de mama em 49% dos casos. Agora, os ginecologistas Ismael Guerreiro Silva, do Laboratório de Ginecologia Experimental, e Luiz Henrique Gebrim, do setor de Mastologia, ambos da EPM, descobriram que o tamoxifeno inibe a ação de um dos genes responsáveis pela multiplicação celular, o CaMK-II.

Os ginecologistas compararam fragmentos do material genético retirado da mama de pacientes medicadas com 20 mg de tamoxifeno com o material genético das que tomavam placebo, e concluíram que o tamoxifeno diminuía de maneira considerável a quantidade de proteína (expressão) do gene CaMK-II, responsável por sua função. As pacientes que participaram do estudo tinham idades entre 20 e 35 anos. Para que a variação da quantidade de hormônio feminino existente nas diferentes fases do ciclo menstrual não interferisse no resultado, todas tomaram tamoxifeno do primeiro dia do ciclo ao 28º, quando foi realizada a cirurgia para retirada do tumor e do tecido adjacente.

No momento, estão sendo analisados os resultados dos grupos medicados posteriormente com 5 mg e 10 mg de tamoxifeno. "Apesar de a dosagem de tamoxifeno recomendada pela literatura médica ser de 20 mg, queremos estudar a possibilidade de a expressão do gene CaMK-II ser inibida por doses menores do medicamento e, portanto, com menos efeitos colaterais como tromboembolias, indução do câncer do endométrio e alterações do cristalino", explica Silva.

Segundo o ginecologista, os resultados do estudo são úteis para identificar os mecanismos de atuação do tamoxifeno e determinar alvos para uma ação mais pontual. Se houver inibição do gene CaMK-II com 5 ou 10 mg de tamoxifeno, diz Silva, os efeitos colaterais do medicamento são mínimos se comparados aos benefícios. Mas se a inibição ocorrer apenas com 20 mg, a opção será a produção de anticorpos capazes de anular a atividade da proteína sintetizada pelo gene CaMK-II . "Evitar os efeitos colaterais do tamoxifeno seria a vantagem do anticorpo em relação aos medicamentos", conclui.

SAÚDE AMBIENTAL Pesquisa revela que qualidade do ar em ambientes fechados deixa muito a desejar

Precisa-se de oxigênio

Se for calculado quanto tempo os moradores das grandes cidades passam no interior de prédios, chega-se à conclusão de que a maioria da população permanece grande parte dos dias em ambientes fechados. Seja em casa, no trabalho ou nos momentos de lazer. Mas o pior é que a má qualidade do ar no interior desses lugares é quase sempre ignorada, podendo causar problemas à saúde de muitas pessoas. Uma pesquisa coordenada pelo engenheiro Racine Prado, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), analisou a qualidade do ar em dois hospitais, uma oficina mecânica e cinco edifícios comerciais – todos em São Paulo –, além de quatro prédios do campus da universidade.

Para isso, foram medidos os níveis de gás carbônico (CO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2) e compostos orgânicos voláteis (VOCs) no interior dos estabelecimentos. O primeiro gás, além de eliminado durante a respiração, resulta da queima de combustíveis fósseis, que também podem gerar SO_2. Já o CO, liberado durante a combustão incompleta dos mesmos combustíveis, é tóxico e está presente também na fumaça de cigarro. Medições realizadas em uma sala fechada com computadores e lâmpadas sugerem que o NO_2 é exalado por tais equipamentos, enquanto os compostos orgânicos voláteis evaporam à temperatura ambiente e são encontrados em materiais como colas, tintas e produtos de limpeza.

Em uma sala de aula da USP, verificaram-se mil ppm (partes por milhão) de CO_2, indicando baixa taxa de renovação do ar. "Acima de mil ppm, o ambiente começa a se tornar ligeiramente asfixiante", diz Prado. Segundo o professor, a medição realizada em um estacionamento no subsolo de um prédio comercial detectou concentrações de CO_2 e de CO superiores, respectivamente, a mil ppm e 500 ppm – 10 vezes mais que o nível tolerável do monóxido de carbono. "É a mesma quantidade de CO que encontramos na oficina mecânica", compara. O teste na oficina também confirmou altos níveis de compostos orgânicos voláteis: 25

ppm, enquanto o nível tolerável é de, no máximo, cinco ppm. Os casos mais preocupantes foram os dos hospitais. Em um deles foi detectado CO na sala de espera e no outro, um elevado índice de compostos orgânicos voláteis na sala de higienização dos utensílios hospitalares, o que representa risco para os pacientes, caso a sala não esteja isolada. "Provavelmente o CO penetrou os dutos de forma desconhecida – talvez pelo componente de admissão de ar externo no sistema –, devido ao mau funcionamento do ar condicionado", alerta o professor.

Para Prado, a existência de edifícios 'doentes' se deve a diversos fatores, como o número excessivo de pessoas reunidas no mesmo ambiente, a presença de fontes poluidoras, como equipamentos e revestimentos de piso, e o fato de os estabelecimentos estarem cada vez mais fechados (sem janelas) e dotados de controles de ventilação ineficientes. Muitos equipamentos, como os computadores, exalam NO_2 e VOCs, que podem irritar os olhos, o sistema respiratório em geral e causar dores de cabeça. Uma grande quantidade de pessoas em um ambiente provoca alta concentração de gás carbônico, o que provoca abafamento e também possibilita a troca de bactérias. "As bactérias já estão no ar normalmente, mas, quando a quantidade de pessoas em um lugar é exagerada, o número delas também aumenta", diz Prado.

Os sistemas de ar condicionado merecem uma atenção especial, já que uma ventilação inadequada implica o aumento da concentração de poluentes químicos, físicos e biológicos, potencializando os riscos de contaminação. A não renovação do ar e ausência de um sistema de desinfecção do ar circulante no equipamento possibilitam a proliferação de colônias de bactérias, fungos e vírus nos dutos dos aparelhos (ver 'Edifícios doentes', em *CH nº* 155). "Pesquisas sobre qualidade do ar são feitas há apenas 10 anos, e a maioria dos sistemas de ar condicionado de edifícios é anterior a esses estudos. Adequá-los às novas necessidades não é tarefa das mais fáceis, porque leva tempo e implica custos."

Embora, quando um ônibus passa deixando escapar fumaça negra, o nível de CO_2 na rua chegue a milhares de ppm, os ambientes abertos continuam sendo muito mais saudáveis. Como nem todo mundo tem o privilégio de trabalhar ao ar livre, é necessário melhorar a qualidade do ar nos ambientes fechados, evitando os diversos danos que os edifícios 'doentes' podem causar à saúde de seus freqüentadores.

Para minimizar o problema, Prado recomenda que os recintos tenham taxas variáveis de renovação do ar, de acordo com o número de ocupantes e de equipamentos existentes. "Essa pesquisa surgiu justamente a partir da constatação de que os aparelhos de refrigeração apresentam taxas fixas, não adaptáveis às diferentes condições do ambiente, sendo insuficientes na maior parte dos casos", lembra ele. Além disso, é fundamental manter os ambientes limpos e secos – a umidade relativa do ar deve variar entre 50% e 60% –, já que a umidade excessiva pode gerar um meio de cultura para a proliferação de agentes infecciosos. Em contrapartida, um ambiente extremamente seco causa o ressecamento da mucosa nasal e da garganta. Outro fator que contribui para a má qualidade do ar e deve ser evitado é o uso de carpetes. "Como a limpeza dos carpetes é complexa, eles acabam retendo muitos poluentes biológicos", alerta o engenheiro.

Luís Henrique Valdetaro
Ciência Hoje/RJ

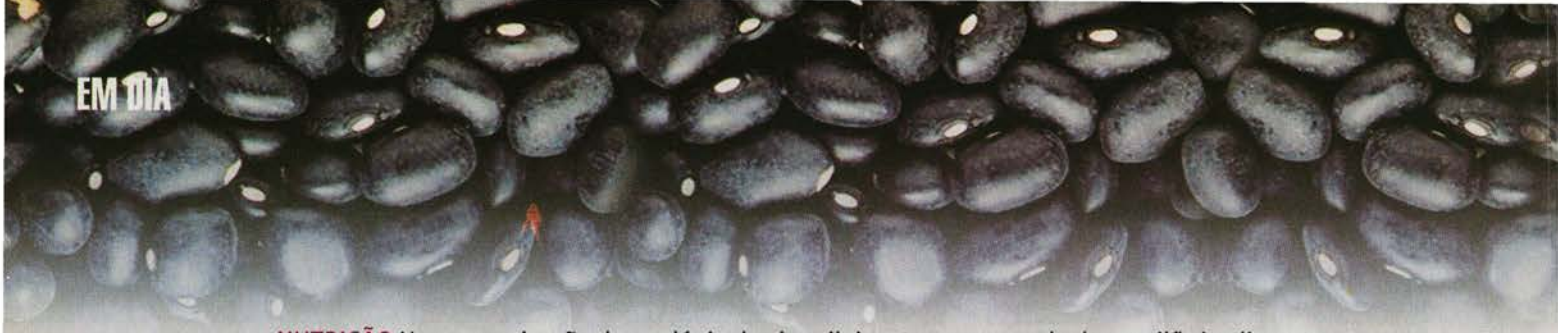
OTORRINOLARINGOLOGIA

CIRURGIA DE ADENÓIDE MAIS EFICAZ E SEGURA

Um novo modelo de cureta, instrumento cirúrgico para fazer raspagens, desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina (Unifesp-EPM), diminui o risco de lesões na operação de adenóide. Associada ao nasoscópio, instrumento óptico utilizado em cirurgias nasais para iluminar a região operada, a nova cureta, com angulações e formato diferentes das convencionais, permite que o médico visualize a adenóide. "Hoje a cirurgia é feita às cegas: o médico sente a adenóide com o dedo e raspa o tecido", explica Onivaldo Cervantes, professor de otorrinolaringologia da Unifesp-EPM e autor da nova cureta, em parceria com os otorrinos Plínio Morgato e Luciano Neves.

O novo modelo permite a retirada total da adenóide, tecido linfóide que protege a parte superior da faringe (nasofaringe) contra infecções bacterianas ou virais. "É normal que haja um crescimento da adenóide durante a infância decorrente de infecções. Mas quando há obstrução da nasofaringe, a única solução é a operação", diz Cervantes. A hipertrofia é mais freqüente em crianças que apresentam sintomas como obstrução nasal, coriza constante, ronco, respiração pela boca, arcada dentária projetada para fora e céu da boca (palato) mais alto que o normal.

Em média, 14% dos pacientes operados apresentam, segundo Cervantes, alguma complicação porque a adenóide não foi removida por completo. "Além de os sintomas persistirem, nos casos em que, durante a cirurgia, ocorre lesão do canal que liga o ouvido médio ao nariz (tuba auditiva), o paciente pode desenvolver otite serosa. Quando a lesão cicatriza e fecha o canal, a falta de ventilação permite a formação de líquido no ouvido médio, levando à perda da audição", alerta ele. O novo modelo de cureta já foi utilizado em cirurgias de adenóide de 20 pacientes com idade entre 4 e 8 anos com percentagem de cura de 100%.



NUTRIÇÃO Homogeneização do cardápio dos brasileiros traz ameaça de desequilíbrio alimentar

O declínio da comida regional

Alimentos industrializados, gorduras e refrigerantes estão ocupando o lugar dos alimentos regionais na mesa do brasileiro – mudança que traz à população graves conseqüências, tais como deficiência de cálcio e ferro. Essa é a conclusão da pesquisa coordenada pela nutricionista Maria Antônia Galeazzi, do Núcleo de Estudos e Pesquisas de Alimentação (Nepa) da Universidade de Campinas (Unicamp). Realizado entre 1996 e 1997 em Campinas, Curitiba, Goiânia, Ouro Preto e Rio de Janeiro, em 1998 em Belém e Brasília e, no ano 2000, em Cuiabá, o estudo serviu de base à elaboração de sugestões de cestas básicas para a região Norte e para o centro-sul na tentativa de suprir as deficiências nutricionais detectadas na população. Este ano, a pesquisa continua em Porto Alegre, Erexim, Santa Rosa e Bagé, todas no Rio Grande do Sul.

"Conseguimos uma amostragem significativa do perfil da alimentação no Brasil", afirma Galeazzi. Durante a pesquisa, foram visitados cerca de 8 mil domicílios – aproximadamente 30 mil pessoas – para quantificar os alimentos consumidos pelas famílias e que podem causar desequilíbrio a longo prazo. Também foi avaliado se os indivíduos ingeriam a quantidade recomendada de calorias, proteínas, cálcio, fósforo, ferro, vitaminas A, B1 e B2. "Observamos que o consumo nos grandes centros está refletindo o atual modelo de desenvolvimento econômico. As novas tecnologias e a globalização impõem o ritmo das refeições rápidas e contribuem para uma homogeneização do que é consumido em diferentes locais do país", explica a nutricionista.

No centro-sul, apenas 4% dos alimentos consumidos são característicos da região, enquanto no Norte a percentagem chega a 18%. "Assim como o pescado, a farinha de mandioca, rica em carboidrato, é muito consumida no Norte, mas não no Sul", constata Galeazzi. "As mudanças no consumo também acontecem ao norte do país, mas não há como negar que no centro-sul elas são mais rápidas." Segundo a coordenadora, o consumo de açaí em Belém exemplifica a importância da alimentação regional. A fruta, rica em ferro, faz parte da dieta na cidade e responde por 40% a 50% da necessidade diária do mineral para todas as classes sociais. "Enquanto no Sul a anemia é extremamente acentuada pela falta de alimentos enriquecidos com ferro, em Belém a incidência é menor e decorre principalmente de problemas de saneamento básico. Se não fosse o açaí, os índices seriam ainda maiores", afirma Galeazzi. Dados da pesquisa mostram que 20% dos homens e 71% das mulheres em Goiânia não consomem a quantidade diária recomendada de ferro. No Rio de Janeiro, o consumo do mineral é inferior ao indicado para 44% das mulheres e 11% dos homens.

Porém, Galeazzi ressalta que nem sempre o consumo de alimentos regionais significa uma dieta saudável. Em Goiânia, gorduras, banhas e carnes são os alimentos mais presentes na dieta das famílias devido à concentração da pecuária na região; e, em Ouro Preto, é elevado o consumo de açúcar, em conseqüência da tradição local de produção de doces caseiros. "Não há como dizer que esses costumes são bons para a saúde", comenta ela. O objetivo da pesquisa desenvolvida por Galeazzi foi verificar o consumo de alimentos típicos da região e não de pratos regionais. Até porque, segundo a nutricionista, outros estudos mostram que comidas consideradas típicas de uma região, como o vatapá, na Bahia, e o pato no tucupi, na região Norte, não constam do cardápio diário da população. "São refeições de fim de semana", diz.

Baseada no fornecimento de calorias, proteínas, ferro, cálcio e vitamina A dos alimentos mais consumidos nas diferentes faixas de renda, a pesquisa propôs cestas básicas de alimentos para a cidade de Belém e também para o centro-sul. "A cesta básica existente hoje é limitada a alimentos não-perecíveis, que são selecionados de forma errada e não correspondem ao que é realmente consumido pelas famílias. Optamos pelos alimentos presentes na dieta familiar e que proporcionam cobertura de todos os nutrientes", esclarece Galeazzi.

Além de alimentos comuns aos

municípios estudados, fazem parte da cesta básica de Belém itens regionais como açaí, maços de verdura e de tempero, farinha de mandioca, charque, peixe fresco, miúdos de frango e camarão salgado. "Eles são representativos não apenas do ponto de vista cultural mas também em relação à sua contribuição para o fornecimento de energia e nutrientes", afirma Galeazzi.

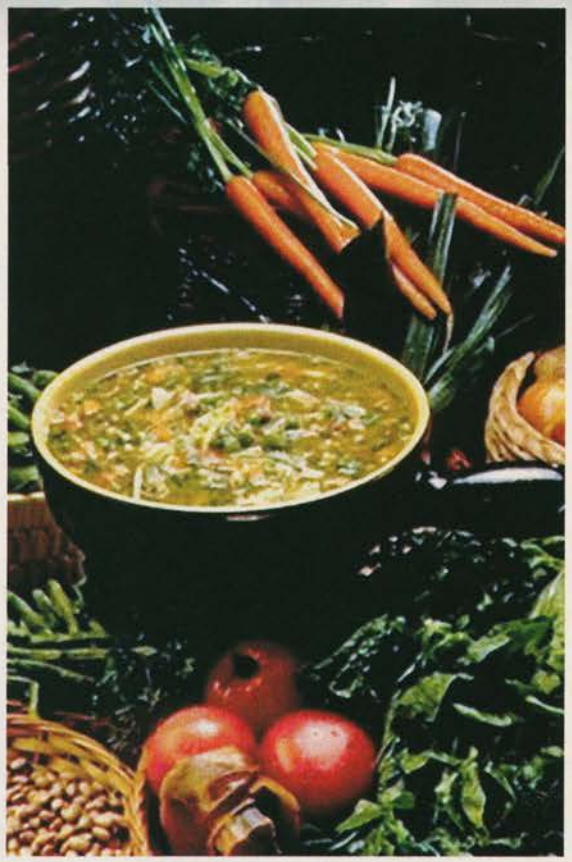
A cesta básica para o centro-sul é composta por alimentos como massa de tomate, pão de forma, lingüiça e carne suína – produtos inexistentes na cesta de Belém. "Selecionamos os produtos da cesta para suprir as deficiências apontadas nessa região a respeito de micronutrientes como cálcio, ferro e vitamina B2", diz Galeazzi.

As modificações no cardápio do brasileiro atingem até mesmo o tradicional feijão com arroz, fonte de proteína e fibras. A pesquisa mostra que houve uma queda de cerca de 25% no consumo de arroz e diminuição média de 28% no de feijão em relação a 1974, quando o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizou o Estudo Nacional sobre Despesa Familiar (Endef), considerado a melhor fonte de dados sobre consumo alimentar da população brasileira. Por outro lado, é crescente o consumo de alimentos industrializados. O de refrigerante em Campinas, por exemplo, aumentou 527% em relação a 1974. "O refrigerante faz parte de uma alimentação muito rica em carboidrato simples e pouca densidade nutricional – o que está diretamente relacionado a ganho de peso e à epidemia de obesidade", diz a também nutricionista Semíramis Domene, que participou do estudo.

A mudança na dieta dos brasileiros reflete-se no consumo de micro e macronutrientes. Os resultados do estudo mostram, por exemplo, que o consumo de cálcio, presente em alimentos como os derivados do leite e nas folhas verdes, é absurdamente baixo. Em Curitiba, 55% das pessoas têm consumo inadequado de cálcio e, no Rio, a percentagem chega a 66%. "O recomendado é de 800 a 1.000 miligramas por dia para adultos", diz Domene. "A situação é preocupante porque a população brasileira está envelhecendo e já sofre com a osteoporose", completa. Entre as vitaminas, a carência é maior em relação à vitamina A – sintetizada no organismo a partir dos carotenóides, substância encontrada nos vegetais alaranjados ou amarelos. Em Goiânia, só as famílias com renda superior a 1,1 salário-mínimo *per capita* consomem a quantidade diária recomendada do nutriente: 1.300 microgramas. Em Campinas, são necessários 10 salários-mínimos *per capita* e, em Ouro Preto, aproximadamente três.

O excesso no consumo de sal pela população brasileira é outro dado alarmante. Em todas as regiões estudadas, segundo Galeazzi, verificou-se um consumo, por pessoa, de nove a 10 gramas por dia, enquanto a Organização Mundial da Saúde recomenda apenas seis gramas. As vitaminas B1 e B2 também são insuficientes na dieta de famílias de baixo poder aquisitivo em todas as cidades pesquisadas.

"O estudo que desenvolvemos mostra uma situação preocupante, em que há decréscimo do consumo de cálcio e adota-se uma dieta cada vez mais rica em gordura" diz Domene. "Estudos e pesquisas americanas mostram



que transformações no consumo, como a que verificamos no Brasil, têm ocasionado problemas de deficiência de cálcio em jovens – fato que pode levar à osteoporose precoce. Ao mesmo tempo, a quantidade de crianças e adolescentes obesos tem aumentado pela alimentação inadequada, o que contribui para a incidência prematura de doenças cardiovasculares", completa Galeazzi. A pesquisa propôs as cestas básicas da região Norte e do centro-sul com a intenção de modificar o cenário atual. "Mas para isso é preciso que haja uma política agrícola e de abastecimento que dê acesso aos produtos da cesta básica", conclui Galeazzi.

Mara Figueira
Ciência Hoje/RJ

GEOGRAFIA Correntes marítimas fazem ilha aumentar cerca de 50 metros por ano

Cada vez mais Comprida

FONTES: GEOBRAS/1969 E HENRIQUE/1996

Figura 1. Evolução da ilha Comprida nos últimos 5 mil anos

Localizada no litoral sul de São Paulo, quase na divisa com o Paraná, a ilha Comprida tem um nome bastante apropriado. Não só pelo seu formato, mas também por estar crescendo em longitude 50 m por ano, em média. E tudo indica que esse processo não será interrompido. A descoberta foi feita casualmente pelo geógrafo Wendel Henrique, durante a elaboração de sua tese de mestrado pelo Departamento de Planejamento Territorial da Universidade Estadual Paulista (Unesp), em Rio Claro (SP). O objetivo da pesquisa não era constatar o crescimento da ilha Comprida, e sim fazer um zoneamento ambiental da região, que vem sofrendo uma urbanização muito acelerada. "Meu interesse era analisar as áreas que podem ou não ser ocupadas, pois o relevo da ilha apresenta obstáculos ao uso urbano do território", diz Henrique.

Para planejar o zoneamento, o geógrafo teve acesso ao mapeamento aéreo da área, por meio de fotografias tiradas de aviões e de imagens de satélites, registradas em quatro momentos distintos, entre as décadas de 60 e 90: 1962, 1973, 1991 e 1997. Ao analisar essas imagens, Henrique verificou que, apenas no período de 1973 a 1991, a ilha Comprida cresceu cerca de 500 m. De acordo com o levantamento feito pelo geógrafo, estima-se que há 5 mil anos, quando se desprendeu do continente, a ilha tinha só 18 km de extensão, 56 km menos que atualmente (figura 1).

Compreendida entre a barra do Icapara, a nordeste, e a barra de Cananéia, a sudoeste, a ilha aumenta longitudinalmente em ambas as direções, embora a porção sudoeste cresça significativamente menos que a porção oposta: cerca de 1 m contra 50 m por ano. Isso porque a barra de Cananéia é mais profunda que a de Icapara. Segundo Henrique, o crescimento resulta da ação das correntes marítimas e das marés da região, típicas de uma área de estuário. "Quando a maré está cheia, a água penetra por canais na ilha de Iguape e nas outras ilhas da região, causando erosão. No momento em que a maré começa a baixar, a água retorna, trazendo das ilhas erodidas os sedimentos que se depositam na Comprida", explica o pesquisador.

O processos erosivos na ilha de Iguape ameaçam as residências locais

FOTOS: WENDEL HENRIQUE

Figura 2. O trabalho de zoneamento propõe a divisão das ilhas de Cananéia, Comprida e Iguape em três áreas: uma de preservação (laranja), com as formações mais recentes, outra de conservação (amarelo), que pode ser usada para recreação mas não pode conter moradias, e uma terceira (verde), que pode ser habitada sem maiores restrições, mantendo áreas de vegetação nativa

A previsão, segundo Henrique, é de que o fenômeno continue a ocorrer devido à dinâmica das correntes marítimas da área, até que a barra do Icapara alcance a barra do Ribeira. "Depois disso, não há como prever se a ilha continuará a crescer, porque a dinâmica do fluxo de vazante da barra que resultar da fusão entre as barras do Ribeira e do Icapara irá aumentar: as águas do rio Ribeira – que é bastante volumoso, pois drena uma grande área da porção sul do Estado de São Paulo e também do Paraná – somar-se-ão às do mar Pequeno, localizado entre as ilhas e o continente", diz.

A curiosa descoberta foi fundamental para se compreender a dinâmica do relevo da região e reforçou a necessidade de um estudo geomorfológico da área, para estabelecer locais de conservação, preservação e ocupação, já que o desenvolvimento local do turismo é irreversível. "O estudo que proponho é uma tentativa de contribuir para uma ocupação menos impactante", afirma o geógrafo. A partir da década de 80, o turismo cresceu muito na região das ilhas de Cananéia, Iguape e Comprida. Em conseqüência, veio a urbanização, quase sempre desacompanhada de infra-estrutura adequada (esgoto, coleta de lixo etc.), degradando o ecossistema local, que apresenta uma das maiores reservas de manguezais, restingas e mata atlântica do estado de São Paulo. Além disso, o relevo é recente, plano e alagável, e o solo é instável, cedendo facilmente.

O trabalho de zoneamento propõe a divisão das ilhas de Cananéia, Comprida e Iguape em três áreas (figura 2). A primeira, de preservação, reúne, entre outras, as formações mais recentes, ou seja, com menos de 100 anos; não deve ser ocupada e necessita de medidas preventivas para evitar a contaminação dos canais de maré por esgotos domésticos. A segunda é considerada de conservação (entre 100 e 3 mil anos), isto é, pode ser utilizada para recreação, desde que conte com infra-estrutura básica de suporte (vias de acesso, sanitários, quiosques etc.), mas não pode haver a construção de moradias. A terceira área, com mais de 3 mil anos, pode ser habitada sem maiores restrições, mantendo áreas de vegetação nativa de acordo com a legislação vigente.

A grande concentração de turistas e serviços nesse litoral ambientalmente sensível implica a reestruturação dos elementos de paisagem. "Em áreas de formação muito recente já existem construções, como pequenas vilas e casas de veraneio, que estão sujeitas à forte instabilidade do terreno devido aos processos erosivos e constantes alagamentos", diz o geógrafo. E completa: "A preocupação dos empreendedores imobiliários em capitalizar recursos gera um uso irracional e agressivo, do ponto de vista ambiental. O modelo de desenvolvimento econômico adotado no estabelecimento de pólos turísticos nem sempre considera as especificidades do lugar".

Imagem da Ilha Comprida registrada pelo satélite Landsat em agosto de 1997

Luís Henrique Valdetaro
Ciência Hoje/RJ

ORTOPEDIA

O PREÇO DA BOA FORMA

Dores nas costas, nos joelhos e tornozelos são as principais queixas de cerca de 400 alunos de nove academias da cidade de São Paulo, segundo estudo feito por Laíra Campêllo, médica especializada em esporte do Centro de Traumato-ortopedia do Esporte da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). A pesquisa também está sendo realizada em Belém, São Luiz, Fortaleza, Salvador, Cuiabá, Rio de Janeiro e Curitiba.

Por meio de questionários, alunos escolhidos aleatoriamente relataram que modalidades de exercício praticavam e com que freqüência sentiam dores. Dos 97 praticantes do *body pump*, ginástica feita com peso e muitas repetições, 28,5% se queixaram de dor nas costas. "Os exercícios exigem controle da postura e trabalham os músculos estabilizadores da coluna. A má postura pode ocasionar dor", explica Campêllo. Já a dor no joelho foi a principal reclamação de 17,6% dos 88 praticantes de *spinning*, exercício realizado em uma bicicleta especial em que se simula um passeio ao ar livre com subidas e descidas. "O mau ajuste da bicicleta pode forçar as articulações", esclarece a médica.

Dores nos joelhos, tornozelos, ombros e outras articulações também foram queixas comuns dos adeptos do *step*, em que coreografias são feitas em cima de um degrau. Criado nos Estados Unidos, o *step* sofreu alterações com o tempo e "tornou-se uma modalidade de alta intensidade, com mudanças bruscas de direção e excesso de repetições, que prejudicam as articulações", diz.

BIOLOGIA MARINHA

ABROLHOS: PRIORIDADE MUNDIAL

O Complexo de Abrolhos, no sul da Bahia, é a região de recifes de corais mais rica em biodiversidade do Atlântico Sul e está entre as mais importantes do mundo para a conservação da vida marinha. Essa foi a principal conclusão da expedição que, em meados do ano passado, percorreu os 200 km de costa do complexo, como parte do Programa de Avaliação Rápida dos Ecossistemas Marinhos, patrocinado pela Conservation International.

A metodologia adotada na pesquisa é inédita no Brasil. Especialistas de diferentes áreas (algas, corais, peixes, sedimentos, entre outras) mergulharam simultaneamente em diferentes pontos, alguns nunca visitados, e puderam fazer uma análise integrada da biodiversidade de Abrolhos.

Os pesquisadores encontraram várias espécies que ainda não haviam sido documentadas e constataram que o banco de Abrolhos reúne um mosaico de ambientes de recifes de corais com características absolutamente singulares. É o caso, por exemplo, dos corais-cérebro, principais construtores dos chapeirões, formações exclusivas das águas brasileiras que podem atingir 25 m de altura e 50 m de diâmetro.

Apesar disso, muitas áreas importantes não estão protegidas. Uma solução apontada pelos especialistas é o aumento das unidades de conservação marinha, como o Parque Nacional de Abrolhos, que abrange apenas o arquipélago dos Abrolhos e o Recife de Timbebas. Áreas importantes como o Parcel das Paredes e o Recife de Popa Verde ainda estão sem proteção.

"Temos visitado os mais importantes recifes do mundo e posso garantir que Abrolhos é uma região de incomparável valor para a conservação", diz Tim Werner, diretor do Programa Marinho da Conservation International. Na opinião de Werner, o Brasil precisa ser conhecido não só pela Amazônia e pela Mata Atlântica, mas também por seus recifes de corais.

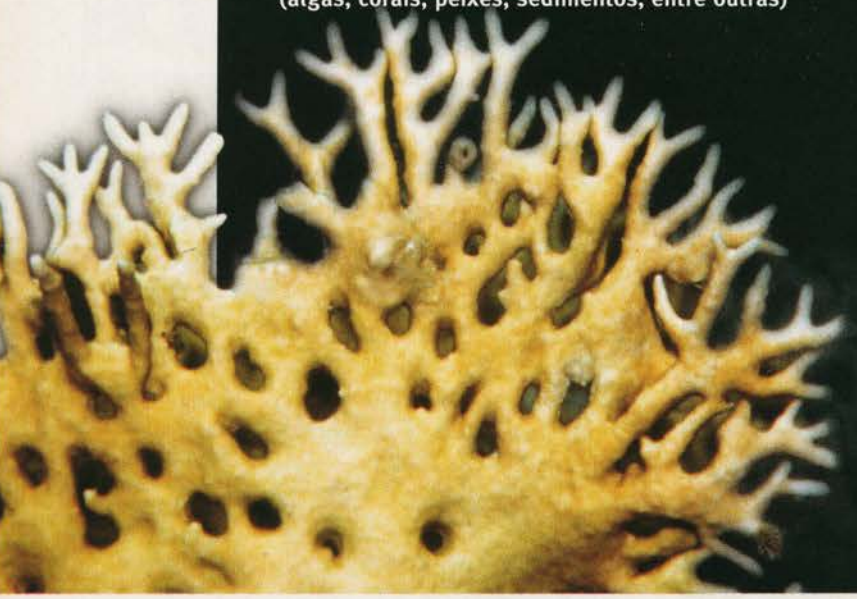


FOTO G. ALLEN

No entanto, a pesquisa não conclui que as atividades citadas causem, necessariamente, danos aos praticantes. "Qualquer exercício é benéfico, quando bem orientado e adequado à capacidade física do aluno. Mas, nas academias, é comum o acesso livre a modalidades que exigem condicionamento físico apropriado, que alguns alunos não têm", diz a pesquisadora. Para ela, a importância do profissional de educação física que ensine os exercícios e corrija os alunos é comprovada pelo número reduzido de praticantes de ginástica localizada que relataram algum tipo de dor na pesquisa. "Nessa modalidade, o professor não costuma fazer o exercício junto com a turma e pode ficar atento aos alunos", conclui.

FOTO T. WERNER

Na outra página, coral-de-fogo (*Millepora* sp.). Acima, colônias de coral-cérebro (*Mussismilia braziliensis*), endêmico do Brasil

CARDIOLOGIA

NO INVERNO, MORREM MAIS PAULISTAS POR INFARTO

Na cidade de São Paulo, as mortes por infarto do miocárdio são mais freqüentes durante o inverno. Essa é a conclusão da pesquisa desenvolvida por Rodolfo Sharovsk, da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP), e coordenada por Luiz Antônio Machado César, diretor da Unidade Clínica de Coronariopatias Crônicas do Instituto do Coração (Incor). Segundo o coordenador, não se sabe por que acontecem mais mortes por infarto quando a temperatura está baixa. É possível que a maior incidência esteja relacionada à reação que o frio causa nos vasos sangüíneos. "As artérias coronárias ficam contraídas", explica Machado.

Os cardiologistas analisaram 13.124 óbitos consecutivos por infarto do miocárdio fornecidos pelo serviço funerário municipal e dados meteorológicos do município de São Paulo cedidos pelo Instituto Astronômico e Geofísico da USP entre junho de 1996 e julho de 1998. Os óbitos não estão distribuídos de maneira homogênea segundo a estação do ano: cerca de 3 mil deles aconteceram nos meses correspondentes ao outono, primavera e verão, enquanto no inverno foram quase 4 mil. Durante os dois anos pesquisados, o pico de mortes aconteceu em junho, quando a temperatura média é de 15,7 graus. Já o menor número de mortes foi registrado nos meses de fevereiro, com temperatura média de 23,1 graus.

A relação entre baixa temperatura e aumento no número de mortes por infarto já foi comprovada em estudos realizados em países de clima temperado. O objetivo da pesquisa era verificar se o fenômeno também ocorre no Brasil. "O número de óbitos analisados é bastante expressivo", explica Machado César. Outro fator que pode influenciar a maior incidência de mortes é a suspeita de que as doenças coronárias tenham um componente de infecção. "Não é comprovado, mas acredita-se que a aterosclerose — lesão da coronária, causada por excesso de colesterol e sedentarismo, que pode levar ao infarto —, possa decorrer de uma infecção bacteriana. E infecções e inflamações, como as respiratórias, são mais comuns no inverno", diz.

SUA EMPRESA É INOVADORA?

INVESTE EM TECNOLOGIA?

A Financiadora de Estudos e Projetos – **FINEP** – é a principal agência do Governo Federal para o financiamento ao desenvolvimento da Ciência e Tecnologia no País.

Nosso foco é o apoio ao desenvolvimento tecnológico e à inovação. Nossa atuação abrange todas as etapas do processo: da pesquisa básica à comercialização pioneira de produtos e processos. Essa é a nossa singularidade.

A FINEP é, hoje, a Agência Federal da Inovação e está pronta para enfrentar os desafios impostos pelo mundo globalizado.

PROCURE A FINEP

FINEP
FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
www.finep.gov.br

SEAC
Tel.: (21) 555-0555
E-mail: seac@finep.gov.br

CT BRASIL
Ministério da Ciência e Tecnologia

GOVERNO FEDERAL
Trabalhando em todo o Brasil

Fernando A. S. Coelho

Departamento de Química Orgânica, Universidade Estadual de Campinas

Segurança química nas instituições de ensino superior

Gerenciar a produção, a estocagem e o destino dos rejeitos químicos, gerados nos laboratórios das universidades públicas e privadas do país, ainda é uma disciplina em aberto. Poucas são as instituições de ensino que formam alunos também capazes de dominar os procedimentos básicos de segurança e proteção ambiental. Mas, para que essas exceções se tornem regra, é preciso haver vontade política das universidades e maior vigilância dos órgãos de incentivo à pesquisa científica.

Como fornecer à sociedade níveis de conforto e tecnologia compatíveis com as expectativas, sem prejudicar o meio ambiente? A resposta a essa pergunta representa um enorme desafio para a química moderna. Essa área de conhecimento vem revolucionando a vida da humanidade há muitos anos e é, sem dúvida, uma das ciências básicas mais presentes no dia-a-dia, através dos segmentos a ela relacionados (indústrias têxtil, química, alimentícia, farmacêutica). Usamos tecidos que não amarrotam, ingerimos aspirina para curar dor de cabeça, comemos pudim sabor caramelo e também mantemos a forma física e tratamos pessoas com diabetes, utilizando alimentos dietéticos à base de adoçantes sintéticos.

A química vem contribuindo para o aumento da qualidade e da expectativa de vida dos seres humanos nos últimos 40 anos. No início do século 20, um adulto vivia, em média, 47 anos. Atualmente esse número saltou para algo em torno dos 67 anos. Apesar disso, a química ainda é percebida de maneira muito negativa pela sociedade em geral. É comum encontrarmos anúncios de produtos 'sem adição de química'. Entretanto, esses produtos foram obtidos, na maioria das vezes, por processos químicos complexos que ocorrem dentro dos organismos vivos (plantas e animais). Vale lembrar que esses organismos 'naturais' também são capazes de fazer substâncias que, mesmo em baixas concentrações, matam seres humanos, como o veneno estricnina ou o curare, extraído da casca de certos cipós.

Essa percepção negativa da química está ligada, quase sempre, ao seu uso inescrupuloso, que pode acarretar acidentes de grandes proporções. E a modificação dessa percepção passa obrigatoriamente pela formação de profissionais conscientes dos danos que o mau uso da química pode ▸

Embora a segurança no trabalho químico e a preservação ambiental sejam exigências legais, na prática, esses aspectos têm sido tratados com descaso no meio universitário brasileiro

causar, tecnicamente preparados para evitá-los e aptos para resolver os problemas que o manuseio de certas substâncias pode gerar nos laboratórios, nas indústrias e no meio ambiente. O treinamento desses profissionais envolve um processo de educação que vai se refletir nos bancos das universidades.

Seria desejável, portanto, que o estudante de química chegasse ao final da faculdade dominando os procedimentos básicos de segurança e proteção ambiental. Esse mesmo treinamento deve incluir práticas seguras no laboratório, gerenciamento da produção de resíduos – identificação apropriada, mistura e estocagem de acordo com a compatibilidade química e o tratamento – e descarte adequado.

A questão da segurança química nos institutos, centros de pesquisa e departamentos das universidades brasileiras públicas e privadas esbarra em fatores bastante particulares. Diferentemente das indústrias, uma grande variedade de produtos e solventes é manipulada durante as pesquisas, o que dificulta a resolução do problema, pois raramente pode-se propor uma única solução para todos os rejeitos. Fica claro, portanto, o importante papel da universidade nesse processo. É dela a responsabilidade de fornecer as ferramentas adequadas para que o profissional que ela forma possa desempenhar, de maneira responsável, suas atribuições, nesse universo que anseia pelo progresso tecnológico, mas tem, ao mesmo tempo, posições cada vez mais radicais quanto ao meio ambiente e à segurança química.

Embora a segurança no trabalho químico e a preservação ambiental sejam exigências legais, na prática, esses aspectos têm sido tratados com descaso no meio universitário brasileiro. Temos, então, um paradoxo grave a ser resolvido: como formar químicos cidadãos, conscientes dos riscos da sua atividade profissional e aptos a contorná-los, se as instituições não se preocupam de maneira apropriada com a segurança nos laboratórios e com o descarte dos resíduos perigosos gerados ali? Se conversarmos com os professores de um curso de química, farmácia, engenharia química e outros, todos considerarão importantes a segurança individual dos alunos nos laboratórios e os aspectos relacionados ao tratamento e descarte dos resíduos químicos. Entretanto, poucos se habilitarão a ajudar na implementação de formas de gerenciamento desses problemas, pois a grande maioria não recebeu nenhum treinamento específico na área, relegando a questão a um segundo plano.

O grave é que não podemos delegar a tarefa de gerenciar o resíduo químico a pessoas sem a devida habilitação, sob pena de vermos crianças morrendo envenenadas por terem ingerido cianeto, colocado inadvertidamente no lixo doméstico, como ocorreu recentemente no estado do Rio de Janeiro. Ou, então, acidentes como aquele ocorrido em Goiânia, em 1987, com o radioativo césio-137.

De maneira geral, a segurança dos laboratórios e o problema do descarte de resíduos são questões de extrema gravidade no meio universitário brasileiro, público e privado. Professores e alunos estão mais preocupados com os resultados obtidos do que com as soluções que permitam tratar, de maneira correta, os resíduos gerados na busca da solução. Temos uma máquina muito eficiente de gerar problemas nos laboratórios, e completamente ineficiente na busca de soluções para o tratamento e descarte do que foi gerado durante uma pesquisa. Por isso, muita coisa é esquecida nos laboratórios, guardada sem identificação ou simplesmente desaparece pia abaixo. É bastante comum encontrarmos locais em que resíduos químicos são estocados durante anos, sem que alguém seja capaz de dar uma solução. São como aqueles armários que temos em casa, onde guardamos o que pretendemos jogar fora um dia.

Laboratórios sem portas de emergência, entulhados de equipamentos nos corredores, impedindo a livre circulação de pessoas, sem capelas (compartimentos fechados e envidraçados onde

se realizam reações químicas que desprendem gases nocivos à saúde) eficientes e com extintores de incêndio que não funcionam. Tudo isso, associado à falta de treinamento de professores, alunos e funcionários, é muito mais comum do que podemos imaginar. Essa situação não é exclusividade das universidades mais pobres: ocorre em quase todas elas, sem distinção do estado da federação onde se localizam. Felizmente, existem exceções para confirmar a regra.

Para solucionar esse quadro não falta capacidade técnica dentro das universidades mas, sim, vontade política das instituições para dar à questão a devida relevância e implementar políticas internas, amplamente discutidas e divulgadas, para resolver o problema de forma definitiva, envolvendo toda a comunidade acadêmica.

Os órgãos de incentivo à pesquisa científica também têm um papel fundamental. Como são os financiadores das pesquisas nos institutos e universidades públicas e privadas, eles detêm instrumentos que permitem uma cobrança mais eficiente para a solução do problema, principalmente, do descarte dos resíduos químicos. Órgãos como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e as Fundações Estaduais de Apoio à Pesquisa (as FAPs) precisam se engajar na busca de soluções para o tratamento e descarte de rejeitos perigosos, cobrando, dos pesquisadores e das instituições que financiam, ações concretas no sentido de solucionar esse problema de maneira harmônica com o meio ambiente e dentro das expectativas da sociedade.

A utilização de mecanismos de cobrança mais eficazes, associada a uma modificação da cultura vigente no meio universitário brasileiro, pode levar à resolução dos graves problemas internos de segurança química, contribuindo, ao mesmo tempo, para a criação de soluções para outros segmentos da sociedade civil.

SBPC

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* (1986-) e a revista *Ciência Hoje das Crianças* (1986-). Podem associar-se à SBPC cientistas e não-cientistas que manifestem interesse pela ciência; basta ser apresentado por um sócio ou por um secretário-regional e preencher o formulário apropriado. A filiação efetiva-se após a aprovação da diretoria, e dá direito a receber o *Jornal da Ciência* e a obter um preço especial para as assinaturas das revistas.

SEDE NACIONAL: Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP, tel.: (011) 259-2766, fax: (011) 3106-1002.

ÁREA DE REPRESENTAÇÃO A: Amazonas (Andréa Viviana Waichman). Fac. Ciências Agrárias - Univ. Amazonas - Dep. Pesca. Av. Gen. Otávio Jordão Ramos, 3.000. CEP 69077-000, Manaus/AM. Tel. (92) 644-2354/2322. Fax: (92) 644-2384. awaichman@hotmail.com; **Maranhão** (Luiz Alvez Ferreira). Av. dos Portugueses, s/n - Campus Univ. Bacanga. Área de Convivência, Bl. 1 - Sl. 1. CEP 65080-040, São Luís/MA. Tel. (98) 231-3644. Tel./Fax: (98) 217-8183. luizferreira@elo.com.br. **ÁREA DE REPRESENTAÇÃO B: Bahia** (Gizélia Vieira dos Santos). UEFS - Av. Universitária, s/n - Br. 116 - Km 03 - Campus Universitário. CEP 44031-460, Feira de Santana/BA. Tel. (75) 224-8278. Fax: (75) 224-8019/8288. gizelia@uefs.br/gizelia@e-net.com.br; **Ceará** (Lindberg Lima Gonçalves). Dep. Física da UFC - C.P. 6030 - Campus do Pici. CEP 60451-970; Fortaleza/CE. Tel. (85) 288-9911/14. Fax: (85) 288-9636. lindberg@fisica.ufc.br; **Pernambuco** (José Antonio Aleixo da Silva). UFRPE - Dep. Ciência Florestal. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos. CEP 52171-030, Recife/PE. Tel. (81) 441-4577 - r. 423. Fax: 441-4090. aleixo@elogica.com.br; **Piauí** (Willame Carvalho e Silva). Rua Benjamin Constant, 1.367 - sl. 05. CEP 64000-280, Teresina/PI. Tel. (86) 221-4420/237-1532. willame.carvalho@uol.com.br; **Rio Grande do Norte** (Lúcio Flávio de Sousa Moreira). UFRN - Prédio da Reitoria - Pró-reitoria de Planejamento e Coord. Geral. Campus Universitário - Lagoa Nova. CEP 59078-970, Natal/RN. Tel. (84) 215-3140/3141. Fax: (84) 215-3200. lmoreira@cb.ufrn.br; **Rondônia** (Célio José Borges). Dep. Educação Física da UNIR - C.P. 460. CEP 78900-970, Porto Velho/RO. Tel. (69) 216-8558/8555. ceborges@unir.br. **ÁREA DE REPRESENTAÇÃO C: Distrito Federal** (Alberto de Carvalho Peixoto de Azevedo). Dep. Matemática - UnB. CEP 70910-900, Brasília/DF. Tel. (61) 307-2442 - r. 224. Fax: (61) 273-2737. acpa@unb.br; **Goiás** (João Teodoro Pádua). Dep. Produção Animal - EV/UFG - C.P. 131 - Campus II. CEP 74001-970, Goiânia/GO. Tel. (62) 821-1591/92/94. Fax: (62) 821-1593. teodoro@vet.ufg.br; **Minas Gerais** (Andréa Mara Macedo). ICB-UFMG - Dep. Bioquímica e Imunologia. Av. Antonio Carlos, 6.627. CEP 31270-910, Belo Horizonte/MG. Tel. (31) 499-2641. Fax: (31) 499-2984. andrea@mono.icb.ufmg.br. **ÁREA DE REPRESENTAÇÃO D: Rio de Janeiro** (Adauto José Gonçalves de Araújo). ENSP/FIOCRUZ - R.Leopoldo Bulhões, 1.480-6ºand. CEP 21041-210, Rio de Janeiro/RJ. Tel. (21) 598-2587. Fax: (21) 598-2610. adauto@ensp.fiocruz.br. **ÁREA DE REPRESENTAÇÃO E:** No atual mandato não temos nenhuma representação no Estado de São Paulo; **ÁREA DE REPRESENTAÇÃO F: Paraná** (Luiza Marta Bellini). Dep. Fundamentos da Educação - UEM. Av. Colombo, 5.790 - Jd. Univ. CEP 87020-900, Maringá/PR. Tel./Fax: (44) 263-2164. bellini@wnet.com.br

SECCIONAIS: Curitiba (Euclides Fontoura da Silva Junior). UFPR - Setor Ciências Biológicas. Museu de Ciências Naturais - C.P. 19031. CEP 81531-990, Curitiba/PR. Tel. (41) 361-1628. Fax: (41) 266-2042. efontour@garoupa.bio.ufpr.br; **Rio Grande do Sul** (Sérgio Bampi). Inst. Informática - UFRGS - C.P. 15064. CEP 91501-970, Porto Alegre/RS. Tel. (51) 316-6812. Fax: (51) 319-1576. bampi@inf.ufrgs.br; **Santa Catarina** (Sílvio Coelho dos Santos). Rua Idalina Pereira Santos, 47 - Agronômica. CEP 88025-260, Florianópolis/SC. Tel. (48) 331-9250 - r. 25/333-1551. Fax: (48) 331-9364/9751. silvio@cfh.ufsc.br

Figura 1. Escórias obtidas pela fusão de escórias e sucatas de alumínio em fornos que utilizam cloreto de sódio como fundente

GEOLOGIA AMBIENTAL Rejeitos do reaproveitamento do metal podem poluir solo e águas

Como reciclar alumínio sem riscos ambientais

O alumínio reciclado (a partir de latas de bebidas, por exemplo) representa hoje cerca de 25% do consumo total dessa matéria-prima. Mas os rejeitos das indústrias que realizam essa reciclagem, se não forem tratados, podem ser prejudiciais ao meio ambiente. **Mirian Chieko Shinzato** e **Raphael Hypolito**, do *Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental (Instituto de Geociências)* da *Universidade de São Paulo*, apontam quais são esses riscos e como minimizá-los.

A crescente industrialização da sociedade moderna, nas últimas décadas, tem levado, de várias maneiras, a um drástico aumento na degradação do meio ambiente. Uma das formas dessa degradação é o lançamento de rejeitos industriais em corpos d'água ou no solo. A falta de legislação e fiscalização mais rígidas quanto à disposição desses rejeitos vem contribuindo para o aumento do volume de lixo em locais impróprios, como rios, lagoas, aterros ilegais e até áreas de mata.

Os altos preços cobrados pelos aterros apropriados para receber os resíduos industriais estimulam muitos empresários a descartá-los por meios mais baratos e sem medidas de proteção à saúde e ao meio ambiente, como em aterros clandestinos. Cabe ressaltar que mesmo os aterros sanitários e industriais não representam uma solução definitiva, já que sua área e vida útil são limitados.

Os estudos sobre a redução desses resíduos apontam para a necessidade de mudanças nos processos industriais, mas essas soluções nem sempre são aceitas, porque afetam a produção ou requerem maiores investimentos. Por isso, a reciclagem de rejeitos tem sido a prática mais adotada. Além de valorizar, de certa forma, aquilo que antes era considerado lixo, o reaproveitamento contribui para a diminuição dos impactos ambientais.

A reciclagem de sucatas de alumínio é realizada há cerca de 10 anos, com expressiva participação da sociedade (os catadores de latas, por exemplo). Entre seus benefícios destaca-se a economia de energia, já que a reciclagem é responsável por cerca de

FOTOS M. SHINZATO

25% do total de alumínio utilizado no mundo e gasta apenas 5% da energia consumida pela indústria primária. Além disso, tal prática gera empregos e ajuda a reduzir o volume de lixo destinado aos aterros sanitários.

Os rejeitos da reciclagem de alumínio

Como acontece em muitas outras atividades, a indústria do alumínio (primária ou secundária) gera inevitavelmente, durante o processo de fusão do metal, quantidades elevadas de escórias. No caso da indústria primária, que obtém o alumínio a partir do tratamento da bauxita (minério de alumínio), as escórias podem conter até 80% de alumínio metálico.

Em função desse elevado teor do metal, tais escórias são reaproveitadas, junto com sucatas de alumínio (latas de refrigerantes, retalhos de indústrias que utilizam o alumínio como matéria-prima e outros) pelas empresas secundárias. Estas recuperam o metal fundindo-o em fornos rotativos alimentados por óleos combustíveis, usando o cloreto de sódio como fundente. Esse processo gera nova escória, menos rica em alumínio (que representa em torno de 20% do volume total), mas com altos teores de cloreto de sódio, além de óxidos, carbetos e nitretos metálicos (figura 1).

O Brasil, segundo a Associação Brasileira do Alumínio (ABAL), disputa desde 1995 com os Estados Unidos a posição de segundo país em índice de reciclagem de alumínio no mundo, perdendo apenas para o Japão. Nos Estados Unidos, as escórias das indústrias de reciclagem são totalmente destinadas aos aterros, mas em muitos países desenvolvidos da Europa esse tipo de escória não pode sequer ser aterrado, em função da elevada concentração de elementos solúveis.

Figura 2. Lingotes de alumínio obtidos por indústrias secundárias a partir da fundição de escórias e sucatas desse metal

Essas escórias têm destino diferente no Brasil: são aproveitadas por pequenas empresas terciárias que recuperam o alumínio metálico usando metodologia bastante simples: moagem e lixiviação com água (processo que retira do material moído os elementos solúveis na água). O alumínio recuperado dessa forma retorna às empresas secundárias, que o refundem com as demais sucatas em lingotes e vendem o metal reciclado para as indústrias de transformação (figura 2).

A reciclagem dos rejeitos de alumínio forma, portanto, um ciclo (figura 3) que, a princípio, parece beneficiar o meio ambiente, já que o metal é sempre recuperado. No entanto, como não há reaproveitamento dos resíduos finais das empresas terciárias – em geral uma mistura bastante complexa, contendo metais livres, óxidos metálicos e sais (NaCl) –, eles são descartados no próprio local de trabalho, sem passar por qualquer tratamento que minimize seu impacto ambiental.

Para se ter uma idéia das dimensões do problema, basta dizer que apenas uma microempresa terciária é capaz de processar cerca de 20 toneladas de escória por dia, aproveitando só 20% desse volume. Em função do grande volume de rejeito (80% do que é processado) e principalmente do custo elevado dos aterros sanitários, somente uma parte desses rejeitos é destinada a esses aterros. Além disso, a maioria das empresas terciárias de reciclagem de alumínio funciona na clandestinidade e em torno

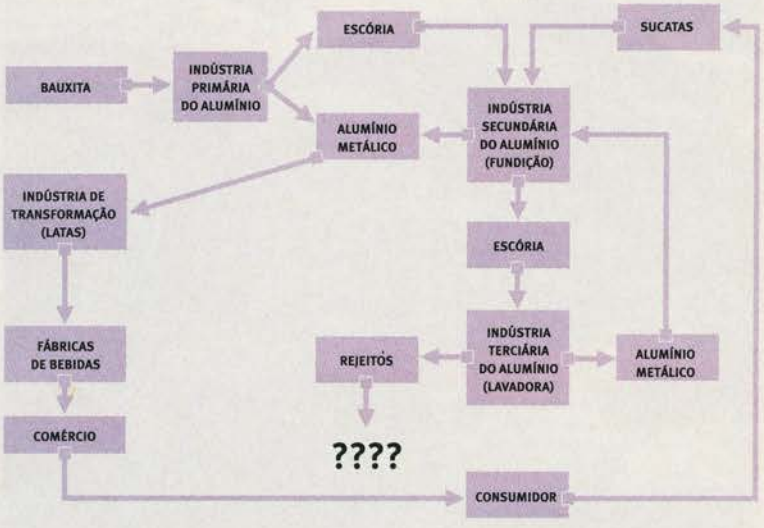


Figura 3. Esquema do 'ciclo' de reciclagem do alumínio, desde a obtenção do metal a partir do minério (bauxita) pela indústria primária até a geração de rejeitos pela indústria terciária

das grandes cidades, de onde vem a maior parte de sua matéria-prima, como latas de refrigerantes e escórias de fundições.

Problemas trazidos pela reciclagem

O processamento da escória e das sucatas de alumínio por empresas terciárias libera diversos poluentes no ambiente. Entre os poluentes gasosos, gerados durante a lavagem da escória, estão os gases amônia (NH_3) e metano (CH_4), formados a partir da hidrólise de nitretos e carbetos presentes em escórias primárias e secundárias, de acordo com estudos do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

Esses nitretos formam-se quando o nitrogênio atmosférico reage com o alumínio durante o processo de combustão no forno, enquanto os carbetos são gerados a partir do processo de aquecimento de óleos e graxas, que também reagem com o alumínio. Por esse motivo, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) classifica a escória das fundições de alumínio como 'resíduo perigoso'.

Como a tecnologia utilizada pela maioria das empresas fundidoras de sucatas no Brasil ainda é precária, por não promover qualquer tipo de pré-tratamento para retirada de tintas de impressão das latas, as escórias geradas podem conter, além de alumínio, componentes tóxicos como metais pesados. Durante a lavagem da escória, também são gerados efluentes fortemente alcalinos (com pH em torno de 10) e ricos em componentes solúveis (como sódio e o próprio alumínio na forma de complexo).

As condições geralmente precárias das instalações das empresas terciárias, que não têm proteção contra ventos e chuvas nem impermeabilização do solo, facilitam a lixiviação das escórias e com isso o transporte para o subsolo de seus componentes solúveis, em especial o sódio. O alto teor do íon sódio no solo, por sua vez, induz reações de troca iônica com outros elementos associados aos componentes sólidos do meio (argilominerais). Entre os íons trocados destacam-se alumínio e ferro, cuja hidrólise contribui para o aumento da acidez das águas presentes no solo. Essa nova condição do meio faz com que outros elementos, inclusive metais pesados (cobre, níquel, chumbo etc.), adquiram mobilidade e atinjam o lençol freático.

O descarte do efluente em corpos d'água pode ainda contribuir para o aumento da concentração de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_4$) no meio. Cabe destacar que, sob a forma livre em ambiente aquático, a amônia é um composto altamente tóxico.

Figura 4. Depósito, diretamente sobre o terreno, de rejeitos sólidos que podem ser aproveitados para a fabricação de blocos de concreto

Como reaproveitar os resíduos

Alguns cuidados básicos permitem reduzir o volume de resíduos gerado pelas indústrias terciárias de alumínio e remediar os problemas ambientais provocados por esse material. Além disso, o resíduo sólido pode ser reaproveitado de maneira prática e econômica.

Em primeiro lugar, é preciso estocar a escória utilizada como matéria-prima e o rejeito em galpões cobertos e com o chão cimentado, evitando o contato com as águas pluviais e, com isso, a contaminação do solo e de águas subterrâneas. A ocorrência de reações químicas entre os componentes da escória e a água (mesmo a da umidade do ar) torna importante pré-lavar essa escória, em ambiente fechado e com queima dos gases. A energia obtida nessa queima pode ser empregada para aquecer a água de lavagem, o que aumenta a velocidade das reações químicas e da desagregação da escória, e para recuperar (por evaporação) o sal dissolvido no efluente.

Após sucessivas lavagens com água em tanques de decantação, que reduzem a quantidade de sal dissolvido, o rejeito final (figura 4) pode ser aproveitado para a fabricação de blocos vazados de concreto para alvenaria. A presença no rejeito de óxidos hidratados de alumínio faz com que esses blocos apresentem maior poder de aglutinação ('pega'), o que, aliado à cristalização fortemente exotérmica (com grande liberação de calor), reduz o tempo de secagem de quatro para apenas um dia.

Finalmente, a fração líquida dos rejeitos pode ser mantida em tanques rasos e de grande superfície para evaporação da água, permitindo a recuperação do cloreto de sódio, que retorna ao processo como fundente. Essas práticas não exigem custos de implantação elevados, possibilitam maior aproveitamento dos materiais produzidos e contribuem para a melhoria das condições do ambiente de trabalho. ■

ORNITOLOGIA Turismo e poluição ameaçam sucesso reprodutivo das aves típicas do continente gelado

Pingüins, a 'marca registrada' do Pólo Sul

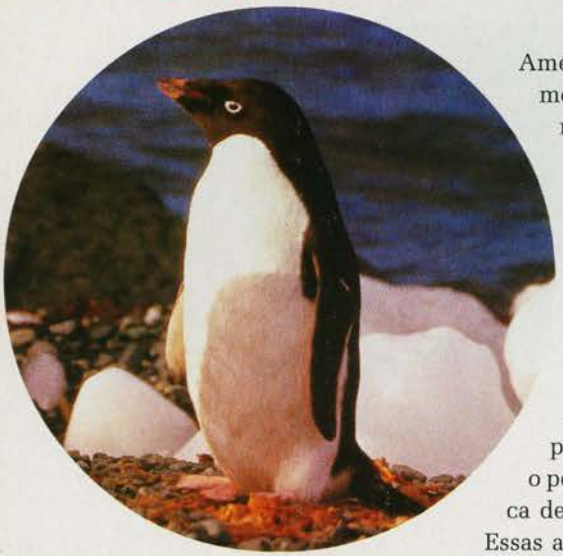
Apesar de descenderem de espécies voadoras, os pingüins perderam a capacidade de voar. O pingüim-imperador mergulha a 250m de profundidade, podendo atingir 450m. É considerado o mais polar dos pingüins antárticos

Nas zonas subantártica e antártica, mais de 90% da biomassa da avifauna são constituídos pelos pingüins, cuja origem remonta ao período Cretáceo, cerca de 140 milhões de anos atrás. Graciosos ao nadar, desengonçados ao caminhar, vivendo em colônias que podem reunir mais de 150 mil indivíduos, esses animais de hábitos singulares são alvo da curiosidade dos turistas, cuja presença leva-os a abandonar seus ovos com freqüência maior que a admissível. Outro perigo trazido pela interferência humana é a poluição, que pode vir a ser uma ameaça à vida na Antártida. Por **Edison Barbieri**, do *Departamento de Oceanografia Biológica* do *Instituto Oceanográfico* da *Universidade de São Paulo*

Aves da ordem Sphenisciformes, família Spheniscidae, os pingüins se distribuem por 17 espécies, oito das quais são encontradas dentro dos limites da Convergência Antártica (linha imaginária, aproximadamente entre 50° e 60° de latitude Sul, que une os pontos onde as massas frias de água polar desaparecem por baixo de outras mais quentes, procedentes do Norte): pingüim-rei (*Aptenodytes patagonicus*), pingüim-imperador (*Aptenodytes forsteri*), pingüim-papua (*Pygoscelis papua*), pingüim-adélia (*Pygoscelis adeliae*), pingüim-antártica (*Pygoscelis antarctica*), pingüim-macarroni (*Eudyptes chrysolophus*), pingüim-real (*Eudyptes schlegeli*) e pingüim-'rockhopper' (*Eudyptes chrysocome*). As cinco primeiras espécies citadas são as mais comumente encontradas na região antártica propriamente dita, enquanto as três últimas ocorrem preferencialmente em ilhas subantárticas.

Durante o inverno, indivíduos de três espécies de pingüins costumam aparecer no Brasil, acompanhando as correntes marinhas: o pingüim-testa-amarela (*Eudyptes chrysocome*), o pingüim-de-penacho-amarelo (*Eudyptes crestatus*) e o pingüim-de-magalhães (*Spheniscus magelhanicus*), já registrado até no litoral baiano e, dos três, o mais abundante no país. Os outros dois são raros, mas, com um pouco de sorte, podem ser vistos no litoral do Rio Grande do Sul.

Os pingüins evoluíram em ilhas e continentes abaixo da linha do Equador. Na Patagônia, foram encontrados os mais antigos fósseis de pingüins da



Muitos pingüins, como o pingüim-adélia (acima) e o pingüim-rei (abaixo) nadam melhor e mais velozmente do que vários peixes

América do Sul, em sedimentos terciários do período Mioceno (cerca de 20 milhões de anos atrás). Na Antártida, registraram-se fósseis ainda mais antigos, com aproximadamente 50 milhões de anos. Entretanto, a origem dos esfeniscídeos deu-se provavelmente durante o período Cretáceo, há cerca de 140 milhões de anos. Essas aves possuem um certo grau de parentesco com os albatrozes, dos quais já se teriam separado no Mesozóico.

Apesar de descenderem de espécies voadoras, os pingüins perderam a capacidade de voar. Em compensação, nadam melhor e mais velozmente do que muitos peixes. As asas em forma de aletas são utilizadas como remos, permitindo que esses animais literalmente 'voem' dentro da massa líquida. Usam os pés, munidos de nadadeiras (pés palmados), como leme; o primeiro dedo, correspondente ao posterior das outras aves, é voltado para a frente, integrando a membrana natatória.

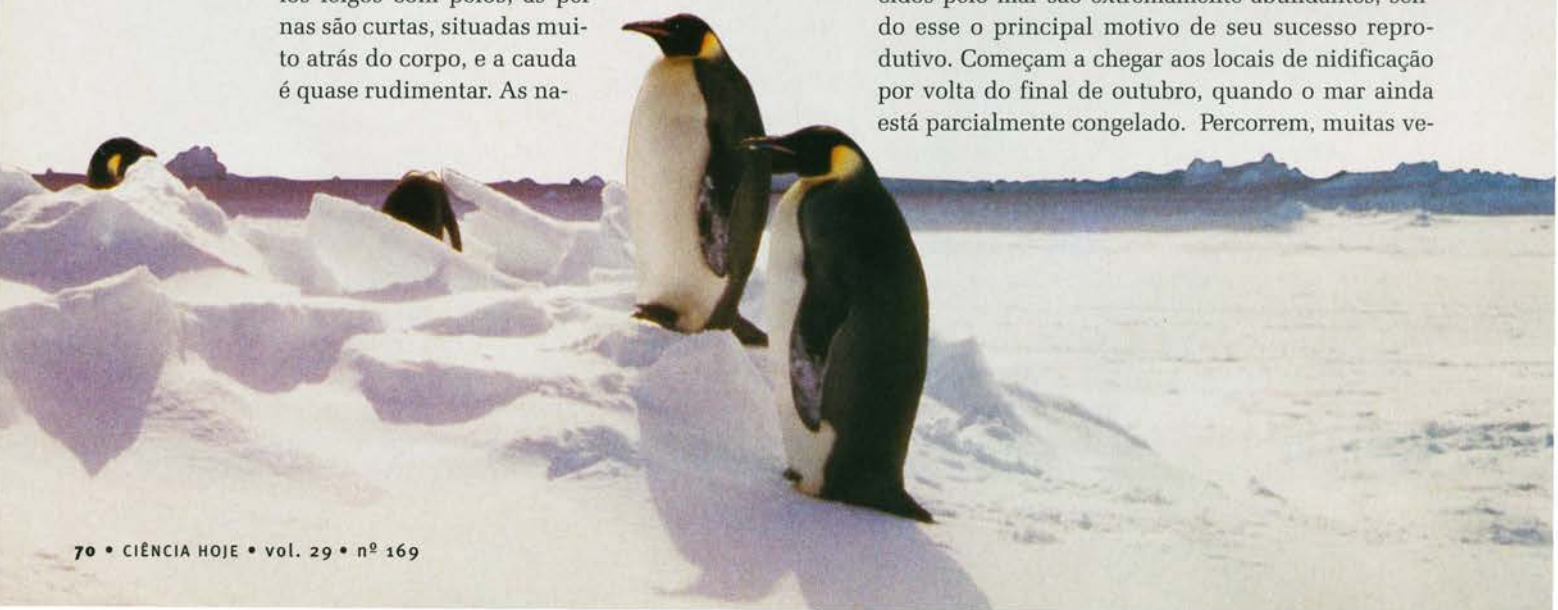
Algumas espécies, como os pingüins-imperador, mergulham a 250 m de profundidade, podendo atingir 450 m, e permanecendo debaixo d'água por até 30 minutos. Aparecem na superfície para respirar ou descansar. Bóiam com facilidade, virando-se de lado para impermeabilizar as penas. Fazem isso com a substância oleosa produzida pela glândula urupigiana (órgão que a maioria das aves aquáticas ou marinhas possui, e cuja função é justamente a de secretar essa espécie de óleo, que também serve para evitar que o bico se torne quebradiço). O corpo é coberto por penas diminutas, confundidas pelos leigos com pêlos; as pernas são curtas, situadas muito atrás do corpo, e a cauda é quase rudimentar. As narinas têm a forma de pequenas fendas quase imperceptíveis, pelas quais essas aves expelem o excesso de cloreto de sódio resultante do contato constante com a água salgada. Como no caso de outras aves marinhas, o cloreto de sódio é retirado do sangue pelas glândulas de sal, resultantes da transformação das supra-renais, que normalmente servem como glândulas olfativas.

A notável velocidade de 36 a 40 km/h que essas aves chegam a desenvolver, ao nadar, dificulta sua captura pelos predadores naturais – leões-marinhos (*Otaria byronia*), focas-leopardo (*Hydrurga leptonyx*), orcas (*Orcinus orca*) –, que alcançam apenas os indivíduos mais fracos. Além disso, a cor negra do dorso e a branca do peito permitem uma camuflagem eficaz. Quando os pingüins são vistos do alto, deslocando-se no mar, seu dorso negro desaparece contra a escuridão das profundezas; vistos por baixo, o peito branco se confunde com a luz proveniente da superfície.

As espécies adaptadas ao frio possuem características que auxiliam a manter a temperatura do corpo. Dentre elas, a espessa almofada de penas e a grossa camada de gordura ajudam a reter o calor produzido pela atividade metabólica, acelerada pela mobilidade.

'Dança nupcial' entre parceiros

Entre as espécies que ocorrem na região antártica, são bastante comuns o pingüim-adélia, o pingüim-antártica e o pingüim-papua, que atingem entre 70 e 90 cm de altura. Passam cerca de dois terços da vida no mar, permanecendo em terra apenas nos períodos de procriação. Durante os meses em que vivem no mar, os pingüins nadam e caçam a centenas de quilômetros da costa, sozinhos ou em pequenos grupos. Na época do acasalamento, no verão, regressam sempre aos mesmos locais, como demonstrado por estudos de marcação. Na Antártida, os pingüins aproveitam o período em que os recursos alimentares oferecidos pelo mar são extremamente abundantes, sendo esse o principal motivo de seu sucesso reprodutivo. Começam a chegar aos locais de nidificação por volta do final de outubro, quando o mar ainda está parcialmente congelado. Percorrem, muitas ve-



zes, distâncias de mais de 120 km sobre o gelo marinho para atingirem seu destino, em terra. Durante essa viagem, alimentam-se penetrando na água através das rachaduras produzidas no gelo pelas marés.

As colônias reprodutivas dessas espécies, ou pingüineiras, chegam a reunir mais de 150 mil exemplares. Durante os três ou quatro primeiros anos de sua existência, os pingüins percorrem a colônia sem conseguir encontrar um parceiro. Quando, finalmente, a união é selada, os casais permanecem juntos para sempre. No inverno, cada indivíduo do par segue seu caminho por conta própria, mas, durante a nova estação reprodutiva, ambos procuram seu parceiro na colônia, reconhecendo-se através da vocalização.

O período de reprodução sempre se inicia com a dança nupcial, que fortalece a união dos pares. A 'cerimônia' é complicada, incluindo ofertas de pedras para a construção do ninho, saudações e mesuras mútuas, com o pescoço estendido aparentando uma grande 'ternura'. Depois disso, a fêmea abaixa-se em sinal de aceitação, e a cópula, com duração de poucos minutos, realiza-se. A seguir, o casal inicia a construção do ninho, em local pedregoso previamente escolhido. Algumas semanas mais tarde, a fêmea põe de um a dois ovos, chocados alternadamente pelos pais. O parceiro, durante a fase em que se encontra livre dessa tarefa, dirige-se ao mar em busca de alimento, constituído principalmente pelo *krill* (*Euphausia superba*), pequeno crustáceo semelhante ao camarão. O ovo é aquecido pela placa incubadora do ventre, ricamente vascularizada. Os jovens pingüins são alimentados pelas regurgitações do indivíduo que volta do mar, com estoque de alimento armazenado no estômago. Caso este não retorne, os filhotes têm poucas chances de sobrevivência. Os pingüins criam sua prole com atenção, protegendo-a agressivamente dos ataques das *skuas* (*Catharacta lonnbergi* e *maccormicki*), também chamadas gaivotas-rapineiras, e de outros predadores.

Reprodução no inverno

Entre os pingüins da Antártida, o pingüim-imperador é o mais impressionante: vive sob condições mais frias do que qualquer outra ave, podendo ser considerado o mais polar dos pingüins antárticos, e apresenta a característica única de se reproduzir em pleno inverno austral. Ultrapassa, por vezes, 1,20 m de altura e pesa até 40 kg. Nesta espécie, o ovo – único, de 400 g – é chocado pelo macho.

Com a chegada do inverno, os pingüins-imperadores partem do mar aberto, onde estavam acumulando energia para a reprodução, caminhando sobre o gelo por vezes mais de 100 km, em direção ao platô, para formarem as colônias. Lá, a fêmea põe o ovo, que o macho coloca sobre os pés e cobre com uma espécie de prega da pele, incubando-o durante os 66 dias mais frios do ano, quando a temperatura não raras vezes é inferior a -50°C, com fortes rajadas de vento. Enquanto ele permanece na colônia chocando o ovo, a fêmea vai até o mar para alimentar-se. Geralmente, ela volta à colônia com o estômago cheio, na época da eclosão do ovo; então, alimenta o filhote e dá um pouco de comida ao companheiro, que em seguida retorna ao mar para também alimentar-se.

Pingüins-papua são bastante comuns na região antártica e chegam a atingir até 90 cm de altura

No inverno de 1992, um experimento mostrou que uma fêmea de pinguim-imperador caminhou cerca de 169 km, subindo e descendo colinas de até 300 m, até finalmente encontrar um buraco no gelo onde pudesse mergulhar e pescar. Em seguida, caminhou tudo de volta, para dar de comer ao filhote, o que, como ocorre com todos os pingüins, foi feito regurgitando o alimento, já digerido em parte, diretamente no bico da cria. A odisséia levou quase um mês para terminar.

Os pingüins-imperadores podem se alimentar somente no mar e, para sobreviver durante o longo jejum, o macho inicia esse período com grandes depósitos subcutâneos de gordura. O jejum pode ultrapassar 100 dias, ao término dos quais o macho pode ter perdido mais de 40% do seu peso inicial.

A natalidade do pingüim-imperador é baixa, pois as brigas entre os adultos pela proteção do ovo – cobiçado pelos indivíduos que, não tendo procriado, tentam conseguir um para chocar – podem ocasionar a quebra ou a perda deste, que acaba por congelar.

'Leite' secretado pelo esôfago

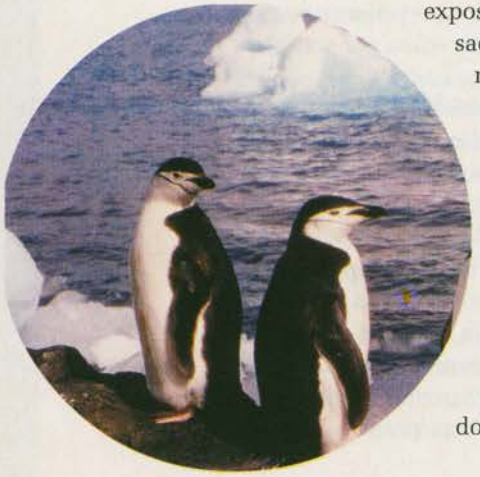
Algumas espécies de aves alimentam seus filhotes com uma secreção semelhante ao leite. No pombo, essa secreção forma-se no papo; conhecida como 'leite do papo', é regurgitada para alimentar os filhotes. Curiosamente, a formação do leite do papo é estimulada pelo mesmo hormônio, a prolactina, que nos mamíferos estimula as glândulas mamárias a produzir leite. A vantagem biológica de alimentar o filhote dessa forma é permitir aos genitores que sejam oportunistas em sua própria alimenta-

A presença humana na Antártida pode ser uma ameaça para o sucesso reprodutivo dos pingüins. Os pingüins-de-magalhães (acima) e os pingüins-antártica (abaixo), entre outras espécies, sofrem com o turismo na região

ção, livrando-os da necessidade de procurar tipos especiais de alimento para o filhote. Tal condição também defende a cria contra oscilações e escassez no suprimento de alimento.

Essa vantagem é particularmente curiosa no pingüim-imperador, que consegue alimentar seu filhote com 'leite' secretado pelo esôfago. Caso a fêmea demore para voltar do mar, o macho ainda em jejum começa a alimentar com 'leite' o filhote, que sobrevive e pode até ganhar peso. Em termos de conteúdo de proteína e gordura, o 'leite' do pingüim é semelhante ao de muitos mamíferos.

A formação, pelos pingüins, de colônias que podem chegar a milhares de indivíduos é uma estratégia para não perder muita energia durante o inverno. Pingüins-imperadores isolados no frio perdem aproximadamente 200 g por dia, ao passo que pingüins agrupados perdem a metade disso, cerca de 100 g. O agrupamento ajuda, e é fácil entender por quê. Em vez de ficar completamente exposta ao frio, cada ave mantém parte substancial da superfície do seu corpo em contato com os pingüins vizinhos; e, quando dois corpos têm a mesma temperatura, não há perda de calor entre eles. Fica claro, desta forma, que o agrupamento é um pré-requisito para a sobrevivência e para o êxito da reprodução. O agrupamento diminui a superfície exposta, reduzindo o estresse causado pelo frio e as demandas metabólicas para a produção de calor.



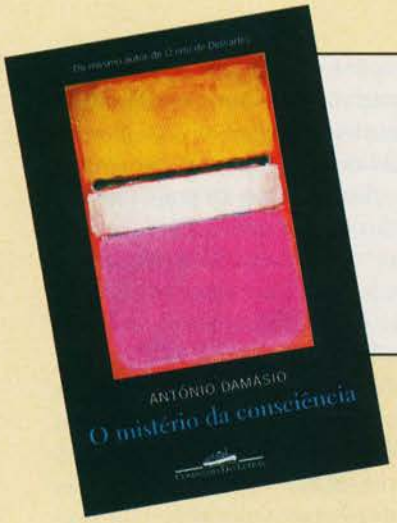
Essa estratégia de reprodução durante o inverno é bastante diferente das de outras espécies de aves antárticas. A reprodução no inverno tem sido explicada como um modo de maximizar as chances de sobrevivência dos jovens após a saída do ninho, na primavera, quando a oferta de alimento é maior. A reprodução no verão, por sua vez, favorece a qualidade do ovo e o crescimento do filhote durante o período em que ele permanece no ninho. Além disso, o comportamento singular dos pingüins-imperadores permite evitar os predadores, como as *skuas*, que passam o inverno em zonas mais setentrionais.

'Creches' para as crias

O pingüim-imperador apresenta o interessante hábito de formar 'creches' tão logo os filhotes consigam caminhar, mas ainda dependem dos pais para serem alimentados. Nelas, alguns poucos adultos cuidam da totalidade dos filhotes até que estes percam as penugens e passem ao estado juvenil. Quando estão aptos a sobreviver sozinhos, os filhotes iniciam a migração juntamente com os adultos.

O pingüim-rei, que procria principalmente em ilhas subantárticas e antárticas, apresenta estratégia reprodutiva ainda mais diferente. Começa a estação de acasalamento no final da primavera, de forma semelhante à de outras espécies, mas seus filhotes não conseguem atingir durante o verão o desenvolvimento necessário para abandonarem o ninho. Por isso, permanecem durante todo o inverno em 'creches' no local de procriação, sobrevivendo com rações escassas trazidas pelos adultos. Os jovens vão para o mar, pela primeira vez, entre 14 e 16 meses após terem saído do ovo. Com esse ciclo reprodutivo, o pingüim-rei procria apenas duas vezes a cada três anos.

Os pingüins mostram um certo destemor em relação ao homem. Resultados de pesquisas recentes indicam que a presença humana na Antártida pode ser uma ameaça para o sucesso reprodutivo dessas aves. Por causa da visitação às colônias, principalmente por turistas, as aves abandonam o ovo com maior freqüência do que seria admissível, diminuindo as chances de eclosão. Além desse, um novo e grave perigo trazido pela interferência humana – a poluição – poderá ser uma ameaça à vida na Antártida, em futuro próximo. Os pingüins e, de modo geral, as demais aves antárticas conseguem manter populações muito numerosas e estáveis apesar do pequeno número de ovos produzidos por casal. O delicado equilíbrio entre os diversos fatores que vêm permitindo a perpetuação desses animais é objeto de investigação científica, não sendo ainda perfeitamente conhecido. Alterações não controladas do mesmo podem resultar em danos irreversíveis como os que já atingiram diversas espécies do nosso planeta. ■



Enfim, a consciência toma corpo

O mistério da consciência. Do corpo e das emoções ao conhecimento de si
António Damásio
São Paulo, Companhia das Letras, 474 pp., R$ 34,50

Todo mundo sabe por experiência própria o que é estar consciente. Portanto, qualquer pessoa deveria conseguir explicar o que é a consciência, não é? Mas quem tentar verá que a tarefa não é tão simples. Uma definição não escapa somente aos leigos: nem mesmo a ciência chegou a um acordo sobre o que é a consciência. Na hora de escrever livros de divulgação sobre o tema, até cientistas respeitados como o prêmio Nobel Francis Crick se esquivam, alegando que, como todos sabem na pele o que ela é, não é necessário perder tempo com definições para explicar como a consciência é produzida pelo cérebro. E, na falta de uma definição, a maioria dos livros populares que se dispõem a explicar 'como nasce a consciência' ou 'como a mente funciona' discorre com fluência sobre vários processos relacionados, como a atenção, a percepção, a linguagem e a memória – mas não conclui nada sobre a questão mais importante: o que é, e como surge, a consciência. O resultado? Leitores frustrados.

A esses leitores, uma boa notícia: o livro *O mistério da consciência*, de António Damásio, trata justamente de oferecer uma explicação para o que é, e como surge, a consciência. Ao contrário do que o título em português sugere, a intenção original do autor não era entender a consciência, e sim resolver um impasse a que havia chegado em suas pesquisas: como é possível saber que sentimos uma emoção, ou ter "a sensação do que está acontecendo", como diz o título original do livro *The feeling of what happens*. Neurologista português radicado nos Estados Unidos, Damásio transformou as emoções em um tema legítimo da neurociência experimental. Em suas mãos, o que antes era tradicionalmente domínio exclusivo da psicologia e da filosofia, por ser considerado assunto puramente subjetivo e portanto imensurável, passou a ter bases biológicas. Para ele, a emoção não é uma abstração mental, mas um processo que envolve corpo e cérebro – idéia que ele expôs em seu livro anterior, *O erro de Descartes*. Além de demonstrar como as emoções contribuem para a tomada de decisões, Damásio propõe que elas nascem da interação entre o corpo e o cérebro, e sugere que a emoção, na verdade, é uma seqüência de dois processos: ter uma emoção e, depois, senti-la. 'Ter' uma emoção seria o que acontece quando o cérebro, induzido por uma lembrança, uma cena ou uma situação real, provoca alterações no corpo – aceleração dos batimentos cardíacos, suor, queda da pressão arterial, por exemplo. 'Sentir' a emoção, ou ter um sentimento, é o que aconteceria no passo seguinte, quando o cérebro registra aquelas alterações no corpo.

Mas *O erro de Descartes* deixava no ar uma terceira questão: como tomamos conhecimento de sentir uma emoção? Em outras palavras, como identificamos aquela emoção como nossa? Não há como encontrar uma resposta sem conhecer primeiro o que é o 'eu' consciente de si mesmo, o *self*. Para responder à pergunta, portanto, Damásio se viu forçado a desenvolver uma teoria, que ele expõe em seu novo livro, sobre as origens biológicas do *self* e da consciência.

Ou melhor, as consciências: central, ampliada e moral, três níveis diferentes, na visão de Damásio, de uma espiral ascendente construída a partir do *proto-self*, que é como ele chama a imagem que o cérebro tem do corpo. O *proto-self* seria o conjunto de padrões neurais, ou os mapas mais básicos, ditos de 'primeira ordem', que representam no cérebro acordado o estado do corpo em todos seus detalhes, e a cada momento. Quando o corpo é modificado pela interação com o mundo, seja mudando de postura e posicionando os olhos para apreciar uma pintura, deslocando-se para colocar a chave na ignição ou simplesmente descontraindo-

se para escutar uma boa música, muda a imagem que o cérebro tem do corpo. Damásio propõe que existem no cérebro 'mapas de segunda ordem' que representam essas mudanças como 're-representações' do corpo. Quando estas são relacionadas às representações do objeto que causou as mudanças, nasce o *self* central, a noção de indivíduo situado no aqui e agora, e com ele a consciência central. Para Damásio, 'a presença de você é o sentimento do que acontece quando seu ser é modificado pelas ações de apreender alguma coisa.'

E o 'sentimento de ter um sentimento', afinal, de onde vem? Depois de ler sua explicação do sentimento do *self*, a resposta é simples: basta considerar as alterações que a emoção provoca no corpo e no próprio cérebro como um objeto a ser apreendido. Temos uma emoção quando alterações no cérebro provocam mudanças no corpo. Sentimos uma emoção quando as mudanças no corpo são representadas no cérebro. E temos consciência desse sentimento quando a representação das mudanças no cérebro e a representação das mudanças no corpo são re-representadas nos mapas de segunda ordem, no cérebro, como causa e conseqüência.

Qual a relação entre consciência e emoção? Para que serve a consciência? Segundo Damásio, tanto a consciência do *self* central como a consciência do sentimento de uma emoção dependem de representações de mudanças no corpo nas mesmas estruturas cerebrais. Não é de se espantar, então, que emoção e consciência sejam inseparáveis: quando uma lesão cerebral afeta uma, a outra também é abalada. Para Damásio, o laço estreito entre emoção e consciência seria inclusive um dos valores adaptativos da consciência, útil por permitir aos organismos conhecer suas emoções. Poderíamos argumentar que as emoções são suficientes para promover a sobrevivência, produzindo reações específicas às situações e regulando o estado interno no organismo de modo que ele possa estar preparado para essa reação. No entanto, ter conhecimento dos sentimentos é extraordinariamente valioso para a orquestração da sobrevivência. O sentimento do sentimento alerta o organismo para a situação que provocou a emoção, além de puxar a atenção sobre si, incentivando o planejamento de formas de reação adaptativa que sejam novas e talhadas sob medida para a ocasião.

Embora o tema principal do livro seja a consciência do *self* central, Damásio também esclarece o que seriam as outras formas de consciência. A consciência ampliada, em que o *self* recebe identidade e perspectiva histórica, tornando-se autobiográfico, com passado, presente e futuro, nasceria da combinação da consciência central com os diferentes tipos de memória, inclusive a autobiográfica, e com os processos atencionais que focalizam os esforços cerebrais. Sobre a consciência ampliada entrariam então em cena as chamadas funções superiores, como a linguagem e a criatividade, construindo a consciência moral, nível em que se situam as relações sociais e noções abstratas como amor, honra e altruísmo. A distinção é bem-vinda, e seria útil adotá-la, para o bem do público e dos próprios cientistas. Afinal, vários autores falam desses diferentes processos chamando-os simplesmente de 'consciência', gerando confusões que podem ser resolvidas simplesmente através da distinção proposta por Damásio.

Além de esclarecedor, *O mistério da consciência* é um livro agradável de se ler. Damásio vai direto ao assunto em linguagem simples, sem jargões, e pessoal; o tom do livro é o de uma conversa descontraída de fim de tarde. Ao contrário de tantos outros neurocientistas que escrevem para o público leigo, Damásio não começa dando uma desnecessária lição de neuroanatomia ou de transmissão sináptica. Na maioria das vezes (há alguns deslizes), não é preciso conhecer a localização no cérebro ou a função de cada estrutura à qual ele se refere; quando é, ele mostra ilustrações simples e adequadas. O livro é recheado de descrições vívidas de casos clínicos, acumulados ao longo dos anos de prática do autor como neurologista e relatados no livro em narrativas carinhosas das histórias pessoais de pacientes. As hipóteses de Damásio são corroboradas pelas deficiências de seus pacientes. A observação mais marcante é a de que o comprometimento das estruturas do *proto-self* arrasa com todos os níveis de consciência, apoiando sua proposição de que a representação do corpo é o nível mais básico da consciência. Além disso, a dissolução da consciência central, durante ataques epilépticos ou crises de ausência, por exemplo, fatalmente arrasta consigo a consciência ampliada. Em comparação, a consciência ampliada pode ser comprometida sem que a consciência central seja afetada, como acontece na amnésia e nos estágios iniciais do mal de Alzheimer. Vigília e consciência central também não são sinônimos, como confirmam certas formas de epilepsia em que o indivíduo permanece acordado, mas se comporta como um autômato.

Damásio não pretende ter solucionado o problema da consciência; ele espera simplesmente que as idéias apresentadas em seu livro contribuam para que, por fim, se elucide o problema do *self*, do autoconhecimento, sob uma perspectiva biológica. Além de apresentar uma hipótese concreta e testável, o simples fato de

oferecer uma definição operacional da consciência é um avanço muito importante. Como todo cientista sabe, definir o problema é uma das chaves para encontrar a solução. Quem sabe, agora que Damásio oferece tanto uma definição como uma hipótese de trabalho, o estudo da consciência consiga entrar em uma nova fase de progresso.

Como era de se esperar, o próprio Damásio é o primeiro a colocar suas idéias em prática. Em um artigo publicado na revista *Nature Neuroscience*, em outubro passado, ele e sua equipe mostram que de fato há ativação das regiões cerebrais que contêm mapas de primeira e de segunda ordem do estado do corpo quando a sensação de uma emoção chega ao conhecimento do indivíduo. Ou seja: o estado do corpo é peça importante na consciência das emoções. Se ele estiver certo, sem cérebro não há consciência – mas sem corpo, também não. Segundo Damásio, a consciência depende do corpo específico que abriga o cérebro, aquele corpo que vem interagindo com o mundo, sendo modificado pela interação, o corpo no qual as reações emocionais acontecem, e cujas lembranças ficam guardadas no cérebro. Por isso, mesmo se fosse possível reproduzir os padrões neurais do cérebro de uma pessoa, não seria possível experimentar sua consciência. Pela mesma razão, a consciência não deixa o corpo junto com o cérebro. Escritores de ficção científica, anotem esta: aquele cérebro brilhando sozinho dentro de uma redoma de vidro pode até continuar funcionando, mas não tem consciência.

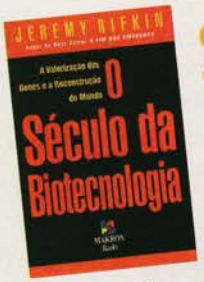
Suzana Herculano-Houzel
Museu da Vida,
Casa de Oswaldo Cruz,
Fundação Oswaldo Cruz

O relógio do longo agora

Stewart Brand

Rio de Janeiro, ed. Rocco, 176pp., R$ 26,50

Buscando contestar a lei básica dos dias de hoje – 'quanto mais rápido, melhor' –, o autor propõe a perspectiva de um "tempo profundo" e reflete sobre questões como a corrida em busca de novas tecnologias que logo se tornam obsoletas. Brand e alguns colegas formadores da *Long Now Foundation* (Fundação do Longo Agora), como o compositor Brian Eno e o editor da revista *Wired*, Kevin Kelly, sugerem a construção de um gigantesco relógio projetado para durar 10 mil anos. Engenheiro de renome no Vale do Silício, ele é um dos pais dos 'supercomputadores' e pretende trazer, com seu livro, o retorno a um tempo medido em séculos e até milênios, em vez de em meses e anos.



O século da biotecnologia – a valorização dos genes e a reconstrução do mundo

Jeremy Rifkin

São Paulo, ed. Makron Books, 290 pp., R$ 39

O livro de Rifkin debate os benefícios e os riscos que podem advir da engenharia genética. A capacidade de isolar, identificar e recombinar genes poderá tornar corriqueiros a clonagem de seres humanos e animais, a correção de problemas genéticos em fetos, o aumento da produção industrial de alimentos a baixo custo, além do desenvolvimento de novas bactérias, vírus e plantas com tarefas específicas. Porém, alerta o autor, o século biotecnológico pode também ser o da poluição genética, causada pela criação de formas de vida geneticamente modificadas, da discriminação genética e do patenteamento de formas de vida por empresas multinacionais.

O espectro de Darwin – A teoria da evolução e suas implicações no mundo moderno

Michael Rose

Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor, 264 pp., R$ 32

Como ressalta o autor, *O espectro de Darwin* é voltado para "o leitor geral, curioso a respeito da evolução e de seu significado, suficientemente inteligente para buscar esclarecimentos, mas sem tempo para ler dúzias de livros sobre o assunto". Nele, Rose examina a vida de Charles Darwin e a influência de sua obra sobre aspectos práticos de nossa existência. Há um vasto material para reflexão: Como o ambiente científico pode influir nas idéias de um cientista? Como a teoria da seleção natural afetou a taxonomia vegetal e animal, assim como nossas idéias sobre crescimento populacional, medicina, psicologia, sociologia, política e religião? Segundo Rose, o pensamento darwiniano proporciona ângulos interessantes para o exame dessas questões.

HÁ 100 ANOS .... ERA CRIADO O INSTITUTO BUTANTAN

Em defesa da saúde pública

Criado em uma situação de emergência (um surto de peste bubônica), o Instituto Butantan completa um século como centro de referência na produção de soros contra o veneno de animais peçonhentos e de vacinas contra inúmeras doenças infecciosas, e como um consolidado instituto de pesquisas biotecnológicas. Desde o nascimento, seu trabalho mostra estreita relação com a melhoria da saúde pública no Brasil.

Há 100 anos

No período entre o final do século 19 e o início do século 20, o Brasil enfrentava graves problemas sanitários, com surtos de febre amarela, cólera e outras doenças infecciosas. Para enfrentar esses problemas, foram fundados naquela época o Instituto Butantan, em São Paulo, e o Instituto Oswaldo Cruz, no Rio de Janeiro. A origem do Instituto Butantan está ligada a um grave surto de peste bubônica que tomou conta da cidade paulista de Santos, em 1898 e 1899.

Vital Brazil (à direita, extraindo veneno de uma serpente) foi o primeiro diretor do Butantan

Na época, o tratamento das vítimas da doença baseava-se na administração, às pessoas infectadas, de um soro contendo anticorpos que reconheciam e combatiam a bactéria causadora da doença (embora não se soubesse como esse processo funcionava). Diante da dificuldade de obter, junto ao Instituto Pasteur, de Paris (então, o único produtor do soro), a quantidade necessária para o combate ao surto, o governo de São Paulo decidiu instalar no estado um laboratório para prepará-lo com urgência, a partir da inoculação da bactéria da peste (*Yersinia pestis*) em cavalos, processo realizado, na época, sem qualquer cuidado ou preparação.

O laboratório, vinculado ao Instituto Bacteriológico do estado, então dirigido pelo médico Adolfo Lutz (1855-1940), foi montado na área de uma fazenda nas cercanias da capital paulista (fazenda Butantan) e começou a funcionar em dezembro de 1899, sob a direção do médico Vital Brazil Mineiro da Campanha (1865-1950). A produção nacional foi decisiva para o controle da peste, trazida pelos navios que chegavam de países infectados.

Em fevereiro de 1901, o laboratório foi desvinculado do Instituto Bacteriológico e passou a se chamar Instituto Serumtherápico do Estado de São Paulo. O nome mudou de novo, em 1918, para Instituto Serumtherápico de Butantan. Com a reorganização do Serviço Sanitário do Estado, em 1925, o Instituto Serumtherápico passou a chamar-se Instituto Butantan. Ao longo de sua história, além de estudos sobre diferentes doenças e agentes patogênicos, e da produção de soros e vacinas para o controle e a prevenção de diversos males, o Instituto Butantan

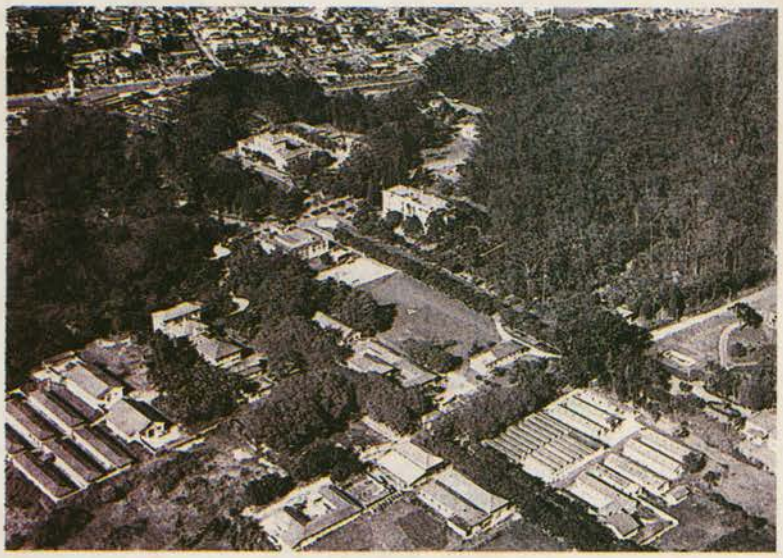
sempre manteve, entre suas atribuições, a pesquisa sobre o veneno de animais peçonhentos e a produção de soros para neutralizá-los, um dos principais interesses de Vital Brazil. A produção de vacinas foi iniciada em 1930, destacando-se na época a antivariólica. Hoje, a varíola está totalmente erradicada no mundo.

Entre as inúmeras pesquisas realizadas no Butantan, pode ser destacada, pela grande repercussão, a descoberta – por Maurício Rocha e Silva, Wilson Beraldo e Gastão Rosenfedt – de uma enzima presente no veneno da jararaca que atua sobre as proteínas do plasma sangüíneo, provocando a liberação de uma substância (a bradicinina) capaz de baixar a pressão arterial (ver 'Marcos brasileiros: a 'onda de Leão' e a bradicinina', em *Ciência Hoje* nº 140). Essa descoberta é a base do desenvolvimento de alguns dos medicamentos mais usados hoje contra a hipertensão.

O desenvolvimento científico, particularmente em áreas que servem de suporte para a solução de problemas de saúde pública, é hoje um dos princípios fundamentais da atuação do Instituto Butantan. Em função dos avanços tecnológicos, a pesquisa e a produção nessa área exigem equipes multidisciplinares, que colaborem em diferentes áreas e níveis de conhecimento.

O Instituto conta hoje com laboratórios que desenvolvem importantes projetos de pesquisa básica e aplicada em microbiologia, bioquímica, farmacologia, fisiopatologia, imunoquímica, herpetologia, artrópodes, parasitologia, imunopatologia, imunogenética, genética e biologia celular. Possui ainda um biotério, para produção e manutenção de animais de laboratório, na quantidade e com a qualidade adequada às suas atividades de pesquisa, produção e controle de qualidade de imunobiológicos e fármacos.

O desenvolvimento tecnológico do Butantan destaca-se no cenário nacional, em especial a partir de 1985, quando foi criado o Centro de Biotecnologia. Esse Centro foi concebido de modo a permitir melhor articulação entre as atividades de pesquisa e de produção. Ao contrário do Instituto Pasteur, que exigia de todos os pesquisadores que preparassem vacinas e soros, o Butantan criou, com o Centro de Biotecnologia, um grupo especial de pesquisadores com a obrigação de aperfeiçoar, em parceria com a Divisão de Produção, a tecnologia de preparação dos produtos. Assim, em vez de



Vista aérea das instalações do Instituto Butantan

Primeira grande construção no Butantan: no prédio, de 1914, estão hoje os laboratórios de farmacologia e bioquímica e a biblioteca

FOTOS COLEÇÃO - MHIB - INSTITUTO BUTANTAN

apenas ampliar as plantas de produção, o Instituto buscou uma revolução tecnológica, visando atender à sociedade através da produção de soros e vacinas em maior quantidade e variedade, e com qualidade. Com isso, a produção de ampolas de soros saltou de 39 mil em 1985 para 350 mil hoje, e pode chegar em breve a 600 mil.

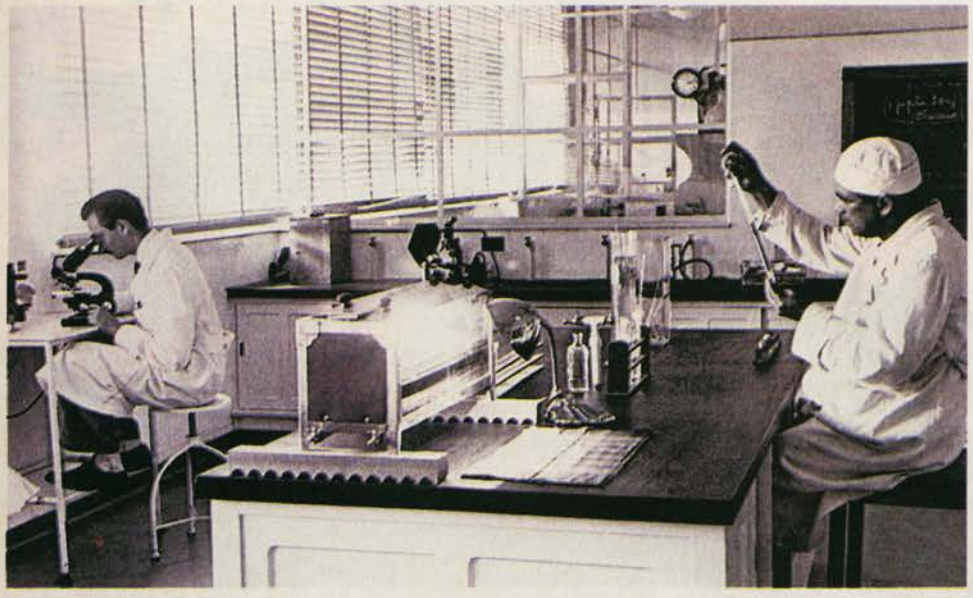
Esse esforço está integrado ao Programa de Auto-suficiência Nacional em Imunobiológicos, lançado em 1985, quando o governo federal constatou que os soros antipeçonhentos produzidos no Brasil, por laboratórios públicos e algumas empresas privadas, eram inadequados. Para enfrentar o problema, já que não podia recorrer à importação (os soros são específicos para venenos de espécies brasileiras ou sul-americanas), o Ministério da Saúde decidiu ampliar a capacidade de produção de soros e outros imunobiológicos e determinou que só fossem adquiridos lotes que mostrassem eficácia e inocuidade nos testes do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde (do próprio ministério). Recentemente, também passou a ser exigido que os imunobiológicos sejam fabricados dentro de 'boas práticas de manufatura', para garantir a qualidade e uniformidade necessárias.

Além dos soros contra o veneno de cobras, aranhas e escorpiões, o Butantan produz hoje o soro antilonomia, que neutraliza o veneno da lagarta *Lonomia obliqua*; o antitimocitário humano (que ajuda a evitar a rejeição em transplantes), em cooperação com o Instituto do Coração (Incor), do Hospital das Clínicas de São Paulo; e o antiestreptocócico, para tratar infecções por essa bactéria, obtido através da vacinação de cavalos com genes dessa bactéria, projeto desenvolvido em conjunto com o Centro de Biotecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O Instituto já supre toda a demanda nacional da vacina tríplice, ou DTP, contra difteria, tétano e pertussis (coqueluche), e é capaz de fazer o mesmo com a vacina contra hepatite B, obtida por recombinação genética. Também produz boa parte da vacina BCG (contra a tuberculose) usada no país e iniciou a produção da vacina anti-rábica em células Vero (obtidas do rim de macacos), que exige menos doses e é mais segura. Também será produzida no Instituto a vacina contra influenza (gripe), para a vacinação de idosos. As vacinas são fornecidas ao Ministério da Saúde, para as campanhas de vacinação, a preços muito menores que os do mercado. A vacina contra hepatite B, por exemplo, custa R$ 1 a dose, contra os US$ 8 pagos por vacinas importadas no início do projeto. Só com a vacina contra influenza, o Ministério da Saúde economiza cerca de US$ 30 milhões por ano.

O espírito de renovação, o estímulo e a total liberdade para as pesquisas refletiu-se na produção científica do Instituto, que apresenta índices semelhantes aos dos departamentos mais produtivos da Universidade de São Paulo, à qual está vinculado. O Butantan é hoje, dos institutos de pesquisa do estado, o que recebe mais auxílios da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Participa ainda de projetos de seqüenciamento do genoma da Xylella e do câncer humano. A interação com a USP também foi ampliada: os pesquisadores do Butantan passaram a participar de programas de doutorado da universidade, trazendo alunos e pós-graduados para os laboratórios do Instituto.

A evolução dos produtos é a garantia do futuro do Instituto Butantan. Em um esforço inusitado para uma instituição que, comparada a empresas multinacionais, tem poucos pesquisadores voltados para o desenvolvimento e menos recursos, vêm sendo desenvolvidas vacinas tríplices recombinantes, clonados no BCG (bacilo usado na vacinação contra a tuberculose), vacinas contra hepatite B com o sorotipo mais comum no Brasil, vacinas múltiplas (DTP e haemophilus B, DTP e hepatite B, hepatite B e BCG) e novas vaci-



Pesquisas científicas são realizadas no Butantan desde sua fundação (na imagem, o Laboratório de Imunologia, em 1944)

FOTO ACERVO DO INSTITUTO BUTANTAN

Divisão de desenvolvimento tecnológico e produção. Planta de vacinas

nas contra meningite B (conjugada quimicamente com a C, criando uma poderosa vacina dupla para bebês), cólera, esquistossomose e pneumococos. Os projetos das vacinas DTP e haemophilus B (múltipla) e contra esquistossomose e pneumococos são desenvolvidos em associação com Biomanguinhos.

Outra importante área de atuação é a de biofármacos de alto impacto social. O Butantan começa este ano a fornecer eritropoetina para manter vivos pacientes renais (em colaboração com o Incor); surfactante pulmonar para salvar por ano cerca de 100 mil prematuros (em colaboração com a empresa Sadia e o Instituto da Criança da USP); e anticorpos monoclonais, auxiliares em transplantes de medula. Produtos recombinantes de uso clínico (interferon, fator de crescimento de fibroblastos, fatores de colonização) estão sendo desenvolvidos. O ciclo será completado com a fábrica de fracionamento de plasma, que produzirá imunoglobulinas específicas (do plasma de doadores vacinados que sofreram infecções virais), albumina e fatores antihemofílicos VIII e IX. A produção de fator VIII porcino será iniciada, mas o Instituto pretende utilizar a clonagem desse fator para atender a toda a demanda do fator humano.

A colaboração com outras instituições de pesquisa também foi ampliada, através de um programa que reúne os institutos Oswaldo Cruz (RJ), Adolfo Lutz (SP), Pasteur (SP) e Tecnológico do Paraná. O Butantan também começou a montar um grupo de pesquisadores clínicos em várias universidades do país, para realizar os ensaios das vacinas que produz. Também existem propostas de cooperação com outros institutos latino-americanos, que podem fazer do Butantan um centro de referência no continente.

Outro aspecto importante envolve as atividades educacionais e culturais. Hoje, o Instituto Butantan é uma atração turística, recebendo cerca de 500 mil visitantes por ano. Para atender a estudantes e turistas, o Instituto, além do tradicional serpentário, mantém dois museus: um com animais venenosos vivos e conservados, organizados de modo que o visitante adquira conhecimentos sobre a biologia dos animais, e outro histórico, que mostra a trajetória da instituição desde sua fundação. Cursos especiais, estágios e publicações são oferecidos a pesquisadores de outras instituições, empresas, estudantes e militares, e também à população em geral.

Com a criação da Fundação Butantan, em 1987, foi atingido o equilíbrio financeiro que toda instituição científica busca, e que o próprio Louis Pasteur (1822-1895) sonhava para seu laboratório em Paris. Hoje, 35% da receita com a diversificada produção é aplicada em benefícios para os funcionários, na contratação de pessoal para produção e na manutenção dos imóveis e dos museus. A eficiência no uso dos recursos orçamentários e extra-orçamentários e a reaplicação da receita da venda de soros e vacinas têm permitido ao Instituto Butantan integrar pesquisa, desenvolvimento tecnológico, produção de imunobiológicos e difusão cultural.

Isaias Raw
Fundação Butantan
Hisako Gondo Higashi
Instituto Butantan

Golfinhos e corais

A *CH* poderia publicar mais artigos sobre golfinhos e animais marinhos em geral. A propósito, o artigo sobre as ascídias está muito bom e interessante. Uma sugestão seria uma avaliação sobre a degradação dos corais na costa brasileira.

CELIANE SANTIAGO
POR E-MAIL

Em algumas das 10 últimas edições, foram publicados artigos sobre organismos marinhos: na CH *nº 166 saiu 'Recifes de corais ou recifes de algas?', e na* CH *nº 168 saíram dois, 'Peixes recifais brasileiros: riqueza desconhecida e ameaçada' (artigo de capa) e 'A vida secreta das esponjas'. Esta edição traz um artigo sobre pingüins (p. 69), que, embora não sejam seres essencialmente marinhos, têm sua vida intimamente ligada ao mar.*

Dúvidas sobre a vaca louca

Não sou leitor assíduo da revista e não sei se foi publicado artigo sobre a doença da vaca louca, mas, a meu ver, algo muito importante deveria ser investigado. A transmissão dos príons que causam a doença se dá pela ingestão de ração contendo farinha de carne de animais infectados (o processamento dos resíduos de carne não inativa os príons). Como o dano ao cérebro ocorre em prazo longo, os sintomas surgem em vacas mantidas por mais tempo em cativeiro do que o gado de corte. Algumas questões podem ser colocadas. O gado de corte assintomático (por ainda não ter desenvolvido a doença) está sendo abatido e servindo de alimento? Há exames para detectar a doença, de modo que animais contaminados não sejam processados? A indústria tem cuidados com resíduos animais que servem de ração a outros animais domésticos, como cães e gatos? Temos que aguardar a boa vontade das empresas do setor para evitar um problema de saúde pública tão sério quanto a Aids (por não ter cura e se manifestar a longo prazo)? Será que já não temos cães e gatos loucos por essa doença? Convém lembrar do risco a longo prazo, pois estes animais nos acompanham por até mais de uma década. Fica aqui a minha sugestão.

ALEXSANDRO STEFFENS
POR E-MAIL

O nº 167 da CH, *publicado após o recebimento da carta, traz uma análise de especialistas da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais sobre as origens da doença da vaca louca, esclarecendo algumas das dúvidas do leitor. As demais serão respondidas em breve, na seção 'O leitor pergunta'.*

Projeto Genoma

Parabéns pela reportagem da revista de novembro (nº 166) sobre o Projeto Genoma Humano. Gostaria de sugerir uma reportagem sobre melhoramento genético em animais como porcos, vacas e outros.

PETER SHYIH ASNG
POR E-MAIL

Publicamos um breve relato sobre animais transgênicos no texto 'Muito longe de um consenso' na CH *nº 160.*

Poluição por petróleo

O *site* da *CH* é muito interessante. Só tenho a agradecer. Sou estudante de biologia e gostaria de saber se foi publicado algum artigo sobre poluição por petróleo.

PAULO ROBERTO COSTA
POR E-MAIL

Dois artigos publicados tratam desse tema: 'Como identificar a origem de óleos derramados', em CH *nº 125 (1996) e 'Spray reduz impactos de vazamentos de petróleo', em* CH *nº 152 (1999).*

Da *CHC* à *CH On Line*

Em primeiro lugar, parabéns a toda a equipe envolvida na viabilização da *CH*, e particularmente pela idéia de aproveitar a página do UOL para o *link* com a revista. Fui assinante da *Ciência Hoje das Crianças* quando meu filho era pequeno, o que foi muito útil para o seu desenvolvimento intelectual e como estímulo à leitura. Devo a vocês, editores, o prazer dessa constatação hoje.

ROBERTA RAMONE
POR E-MAIL

Mais sobre anestésicos

Gostaria de fazer um comentário sobre o que é dito sobre anestésicos na seção 'O Leitor Pergunta', na *CH* nº 160. A resposta diz que a anestesia 'pega' em locais inflamados. Na verdade, o que se observa com freqüência (e acho que essa era a dúvida do leitor) é que, em áreas inflamadas, resultantes de infecções, ocorre uma acidose local. Essa alta concentração de íons hidrogênio torna as moléculas dos anestésicos carregadas positivamente, dificultando muito sua difusão, e portanto sua ação. Sendo assim, o anestésico atua em locais inflamados, mas é preferível aplicá-lo não no local, mas no percurso do nervo ligado a esse local.

RODOLFO DANIEL
POR E-MAIL

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

E-MAIL:
chojered@sbpcnet.org.br

CARTAS À REDAÇÃO

Destaque-se.

Assine agora.
Ligue grátis:
0800-264846
e dê o código **CH 71**

ciência hoje

Aventure-se no conhecimento

Departamento de Assinaturas
Av. Venceslau Brás, 71 - casa 27
CEP 22290-140
Botafogo - Rio de Janeiro/RJ
Tel.: (021) 295-4846 / Fax:(021) 541-5342
www.ciencia.org.br

DISQUE SAÚDE 0800 61 1997

Master

NÃO IMPORTA DE QUE LADO VOCÊ ESTÁ.
USE CAMISINHA.

Não importa o que você vai fazer.
O que importa é você ter pelo menos uma camisinha sempre à mão.
Só ela protege você do vírus da aids.

MINISTÉRIO DA SAÚDE

GOVERNO FEDERAL
Trabalhando em todo o Brasil