

EMARANHAMENTO

Fenômeno é a base
para construir
computadores
mais velozes

MEDICAMENTOS

Um caminho
mais curto para
obter fármacos
mais eficientes

A RÚSSIA TROPICAL

Vastidão do Brasil
ajudou a criar
uma identidade
nacional

A TERRA TREMEE

**ABALOS DISTANTES
SÃO SENTIDOS NO BRASIL**

INSTITUTO CIÊNCIA HOJE • Organização Social de Interesse Público da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. O Instituto tem sob sua responsabilidade a publicação das revistas *Ciência Hoje* e *Ciência Hoje das Crianças*, *CH on-line* (internet), *Ciência Hoje na Escola* (volumes temáticos). Mantém intercâmbio com a revista *Ciencia Hoy* (Corrientes 2835, Cuerpo A, 5º A, 1193, Buenos Aires, Argentina, tels.: 005411. 4961-1824/4962-1330) e conta com o apoio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC/CNPq) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). **ISSN:** 0101-8515

DIRETORIA

Diretor Presidente • Renato Lessa (IUPERJ)
Diretores Adjuntos • Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF) • Franklin Rumjanek (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Maria Lucia Maciel (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais/UFRJ) • Roberto Lent (Instituto de Ciências Biomédicas/UFRJ)
Superintendente Executiva • Elisabete Pinto Guedes
Superintendente Financeira • Lindalva Gurfel
Superintendente de Projetos Estratégicos • Fernando Szklo

CIÊNCIA HOJE • SBPC

Editores Científicos • Ciências Humanas e Sociais – Maria Alice Rezende de Carvalho (Departamento de Sociologia e Política/PUC-RIO) e Ricardo Benzaquen de Araújo (IUPERJ) • Ciências Ambientais – Jean Remy Guimarães (Instituto de Biofísica/UFRJ) • Ciências Exatas – Ivan S. Oliveira (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) e Suely Druck (Instituto de Matemática/UFRJ) • Ciências Biológicas – Débora Foguel (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ)

REDAÇÃO

Editora Executiva • Alicia Ivanishevich; **Editora Assistente** • Sheila Kaplan; **Editor de Forma e Linguagem** • Cássio Leite Vieira; **Editor de Texto** • Ricardo Menandro; **Sector Internacional** • Cássio Leite Vieira; **Repórteres** • Fred Furtado, Juliana Marques e Mariana Ferraz; **Colaboraram neste número** • Ellen Nemitz e Rachel Rimas; **Revisoras** • Elisa Sankuevitz e Maria Zilma Barbosa; **Secretária** • Theresa Coelho

ARTE • Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.

Diretora de Arte • Claudia Fleury; **Programação Visual** • Carlos Henrique Viviane e Raquel P. Teixeira; **Computação Gráfica** • Luiz Baltar; (ampersand@ampersanddesign.com.br)

SUCURSAIS

SUL • Curitiba • Correspondente • Roberto Barros de Carvalho (chsul@ufpr.br). End.: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Comunicação Social, Rua Bom Jesus, 650, Juvevê. CEP 80035-010, Curitiba, PR. Tel.: (0xx41) 3313-2038. Apoio: Universidade Federal do Paraná

PROJETOS EDUCACIONAIS E COMERCIAL • **Superintendente** • Ricardo Madeira; • **Publicidade** • Sandra Soares; **Projetos educacionais** • Clarissa Akemi. End.: Rua Berta, 60 - Vila Mariana, CEP 04120-040, São Paulo, SP. Telefax: (0xx11) 3539-2000 (cienciasp@cienciahoje.org.br). **Circulação e assinatura** • **Gerente** • Andréia Marques. Telefax: (0xx21) 2109-8959 (amarques@cienciahoje.org.br)

REPRESENTAÇÕES

SALVADOR • Coordenador Científico • Caio Mário Castro de Castilho (UFBA) (caio@ufba.br). End.: Instituto de Física/UFBA, Campus da Federação, SSA. CEP 40210-340, Salvador, BA. Tel.: (0xx71) 3263-6660. Fax: (0xx71) 3263-6606

REPRESENTANTES COMERCIAIS

BRASÍLIA • Joaquim Barroncas – Tels.: (0xx61) 226-1824/9972-0741. Fax: (0xx61) 226-1824

PRODUÇÃO • Maria Elisa C. Santos; Irani Fuentes de Araújo

RECURSOS HUMANOS • Luiz Tito de Santana

EXPEDIÇÃO • Gerente • Adalgisa Bahr

IMPRESSÃO • Ediouro Gráfica e Editora Ltda.

DISTRIBUIÇÃO • Fernando Chinaglia Distribuidora S/A

CIÊNCIA HOJE • Av. Venceslau Brás, 71, fundos – casa 27 – CEP 22290-140, Rio de Janeiro-RJ Tel.: (0xx21) 2109-8999 – Fax.: (0xx21) 2541-5342 • Redação (cienciahoje@cienciahoje.org.br)



A Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, fundada em 1948, é uma entidade civil sem fins lucrativos, voltada para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país. **Sede nacional:** Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP. Tel.: (0xx11) 3259-2766 e Fax: (0xx11) 3106-1002.

Ciência Hoje e CNPq/MCT são parceiros no fortalecimento da iniciação científica e na popularização da ciência

Apoio

ATENDIMENTO AO ASSINANTE E NÚMEROS AVULSOS
0800 727 8999

No Rio de Janeiro: (0xx21) 2109-8999

CH On-line: www.ciencia.org.br

chonline@cienciahoje.org.br

PARA ANUNCIAR

TELFAX.: (0xx11) 3539-2000

cienciasp@cienciahoje.org.br

20 Reflexos no Brasil de terremotos distantes

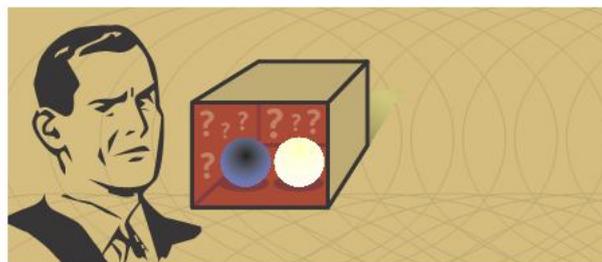
Algumas cidades brasileiras, como São Paulo, Manaus e Brasília, têm sentido com maior frequência os reflexos de terremotos distantes, em especial os ocorridos na região da cordilheira dos Andes. A sismologia busca explicar esses reflexos e o aumento de sua ocorrência no país.

Por **George Sand França** e **Marcelo Assumpção**

26 A terra no pensamento brasileiro: construindo um país moderno na periferia do mundo

Um grande desafio para os intelectuais do Brasil foi encontrar uma identidade para esse país de proporções continentais. O modo como dois escritores brasileiros do início do século passado usaram a 'terra' para representar o lugar do país no mundo moderno revela aspectos dessa busca.

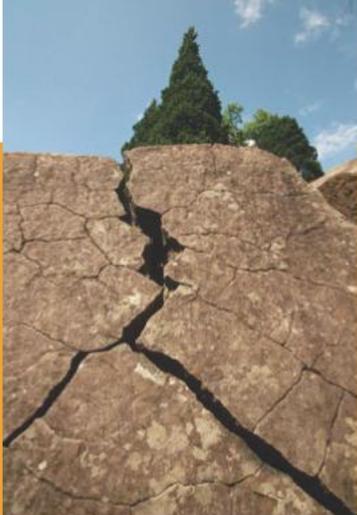
Por **João Marcelo Ehlert Maia**



32 Emaranhamento: um recurso computacional que desafia os físicos

Dois átomos (ou certas partículas) que estejam no estado emaranhado podem se influenciar mutuamente, mesmo separados por imensa distância. Esse fenômeno físico possibilita uma nova forma de transmissão instantânea de informação, e pode vir a ser utilizada na construção dos revolucionários computadores quânticos.

Por **Ivan S. Oliveira**, **Alexandre M. Souza**, **Roberto S. Sarthour**, **Mário S. Reis** e **Diogo O. Soares-Pinto**



Capa: foto LatinStock

38 De óleos e unguentos aos fármacos modernos: o desenvolvimento de medicamentos e a evolução da química medicinal

O estudo das características físico-químicas das diferentes substâncias é fundamental na formulação de fármacos mais eficazes. Atualmente, uma propriedade química, a lipofilia (afinidade de uma molécula por gorduras) ajuda a planejar novos medicamentos contra diferentes doenças.

Por **Luciano J. Nogueira**,
Andrei Leitão, **Claudio L. Donnici**,
Isabel C. S. Fontes Jardim,
Quézia B. Cass e **Carlos A. Montanari**



O LEITOR PERGUNTA

- 6 Apesar de utilizado para a purificação da água, em que condições o cloro pode ser prejudicial à saúde da população?
- 6 Como usar o lixo orgânico em casa? É possível fazer compostagem?
- 7 As constelações, como Escorpião e Órion, foram denominadas pelos gregos com base nos seus mitos ou foram a inspiração original para essas histórias?
- 7 Como funciona a respiração nas ascídias?

ENTREVISTA

- 10 **Wendelin Werner**
Das chuteiras aos números
Matemático premiado diz que a pesquisa não aplicada é essencial

A PROPÓSITO

- 13 **Diplomacia espacial**
A curiosa decisão dos cientistas que buscam mensagens extraterrestres

MUNDO DE CIÊNCIA

- 14 **Supercondutividade: que vibrações são essas?**
Achados recentes indicam novos rumos para estudos sobre o fenômeno

EM DIA

- 44 **Olhar não tira pedaço**
Equipamento portátil possibilita análises, sem danos, de obras de arte
- 48 **Anacronismo ecológico**
Como sobrevivem as plantas que perderam dispersores de sementes
- 50 **Uma casa para o semi-árido**
Nordeste pode ter residência ecológica, que usa água com inteligência
- 52 **Um mundo em construção**
Encontro debate como planejar e instalar edifícios ecoeficientes
- 54 **Terapia celular dissecada**
Células-tronco liberam substâncias que induzem regeneração de órgãos
- 56 **A culpa é do aquecimento global?**
Fenômeno El Niño não seria a causa da seca na Amazônia em 2005
- 58 **Espaço aéreo sob proteção**
Controle de fronteiras já é realizado com o primeiro radar nacional
- 59 **Bom, econômico e nacional**
Modulador brasileiro pode reduzir custo de transmissões de tevê digital

OPINIÃO

- 60 **E a floresta continua esvaziando**
Combate a tráfico de animais silvestres no Brasil deve ser mais rigoroso

PRIMEIRA LINHA

- 62 **Cabeceiras ameaçadas**
Agricultura e pecuária põem em risco as nascentes do Pantanal
- 65 **Mel com biodiversidade**
Criar abelhas nativas ajuda a preservar ambientes de mata atlântica
- 68 **Saúde no tempero**
A conhecida salsa pode ajudar a prevenir doenças cardiovasculares

ENSAIO

- 70 **Uma árvore versátil**
Variedade das figueiras assegura a ocupação de habitats diferentes

MEMÓRIA

- 73 **O méson pi artificial**
Partícula foi detectada, com participação de brasileiro, há 60 anos

RESENHA

- 76 **Pontes entre as 'duas culturas'**
Resenha do livro *História da ciência no cinema*, de Bernardo Jefferson de Oliveira (org.)

CARTAS

QUAL O PROBLEMA?

- 79 **A escolha do macaco**
Estudos científicos que envolvem estatísticas exigem cautela

SOBRE HUMANOS

- 80 **Soberania nacional**
Oposição a reserva indígena em Roraima fere Constituição



? Apesar de utilizado para a purificação da água, em que condições o **cloro** pode ser prejudicial à saúde da população?

CÉLIA GUEDES, POR CORREIO ELETRÔNICO

No Brasil, o método mais usado para a desinfecção (eliminação de bactérias patogênicas) da água para consumo humano em sistemas públicos é a cloração. O cloro (Cl_2) é um gás altamente reativo e tóxico quando é respirado. Ele causa alta irritação no aparelho respiratório, bem como nos olhos, na pele e no aparelho digestivo. Concentrações de cerca de 0,5% no ambiente são mortais para seres humanos e concentrações na faixa de 0,001% já causam as primeiras lesões.

Além de alguns casos de acidentes domésticos de liberação de cloro por meio de uso inadequado de água sanitária, a população em geral não tem contato direto com a substância. Existe outra preocupação em relação ao uso de cloro no tratamento de água que é a formação de outras substâncias

químicas tóxicas a partir da reação do cloro com a matéria orgânica presente na água: são os trihalometanos e os clorofenóis, suspeitos de causar câncer.

As concentrações máximas permitidas dessas substâncias na água potável, bem como do cloro livre, são reguladas pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde. A cloração de água para fins de desinfecção é aplicada em cerca de 120 países. A quantidade adicionada à água depende da carga de matéria orgânica presente. Em dias de chuva, por exemplo, a quantidade é maior para garantir que os níveis de cloro sejam suficientes para eliminar as bactérias até na última torneira da rede.

Thomas Manfred Krauss

*Escola Nacional de Saúde Pública,
Fundação Oswaldo Cruz*

? Como usar o lixo orgânico em casa? É possível fazer compostagem?

LUDY, POR CORREIO ELETRÔNICO

O lixo orgânico de casa – constituído de restos de verduras, frutas, legumes, cascas de ovo, aparas de grama e podas de arbustos, entre outros – pode e deve ser reciclado. Sua reciclagem gera um excelente adubo orgânico a ser usado no cultivo de hortaliças, frutíferas e plantas ornamentais.

A produção do adubo ou composto orgânico, como também é conhecido, se dá por meio da compostagem. Esse processo requer alguns cuidados importantes para evitar a presença de animais e odores indesejáveis. A primeira providência é dispor de recipientes, preferencialmente fechados, para a coleta diária do lixo na cozinha. Para acondicionamento de resíduos orgânicos domésticos acumulados durante um mês por uma família com três pessoas, por exemplo, um recipiente de 80 cm de altura e 70 cm de diâmetro é suficiente.

O material acumulado deve ser revirado com auxílio de ferramentas adequadas, se possível, semanalmente, de forma a homogeneizá-lo. É preciso também umedecê-lo periodicamente. A utilização de restos de capina, quando disponíveis, auxilia nesse processo. O material pode ser intercalado entre uma camada e outra do lixo da cozinha. Por meio desse método, o adubo orgânico deverá estar pronto em cerca de dois a três meses.

Adriana Aquino

*Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (R)*





? As constelações, como Escorpião e Órion, foram denominadas pelos gregos com base nos seus mitos ou foram a inspiração original para essas histórias?

SANDRA TALARICO, POR CORREIO ELETRÔNICO

Em 1922, a União Astronômica Internacional tornou oficial um conjunto de 88 constelações. Entre elas estão 48 denominadas clássicas ou gregas, chamadas assim por terem sido emprestadas do firmamento dos antigos gregos, definido pelo astrônomo grego Cláudio Ptolomeu, que viveu entre os séculos 1 e 2, na sua obra *Almagesto*. Esse é o caso de constelações como Escorpião e Órion, mas também de Touro, Virgem, Pégaso e Centauro, entre outras.

Contudo, é bom ressaltar que apesar dessas constelações terem muitos elementos dos mitos gregos, uma parte significativa foi absorvida da mitologia assíria, transmitida aos babilônios e, depois, apropriada pelos gregos. As origens dos mitos e dos nomes das constelações são muito remotas e suas evidências não são abundantes, fazendo com que essa discussão tenha várias lacunas. De qualquer modo, acredita-se que a criação das constelações consistiu na representação de algumas histórias no céu, resultado, inclusive, da necessidade de se fazer previsões, construir um calendário e se orientar. Há milhares de anos, os seres humanos povoaram o firmamento com fascinantes histórias, fazendo do céu noturno um espetáculo a ser ainda hoje admirado e desvendado por nós todas as noites.

Andréa F. Costa

Coordenação de Educação em Ciências,
Museu de Astronomia e Ciências Afins



FERNANDO GUIMARÃES/WWW.REEFORUM.NET

? Como funciona a respiração nas ascídias?

WESLEY CUNHA, POR CORREIO ELETRÔNICO

Ascídias são animais marinhos que vivem fixos ao substrato (rochas, corais etc.) e, por isso, sua sobrevivência depende de uma contínua circulação da água do mar por dentro do corpo. A água traz alimento e oxigênio, e retira gás carbônico, fezes, material excretado e gametas ou larvas. As ascídias são recobertas por um tecido denominado túnica (daí o nome do seu grupo zoológico, Tunicata) e têm duas aberturas, uma para a entrada de água (sifão inalante ou oral) e outra para saída da mesma (sifão exalante ou atrial).

A água é impulsionada pelo batimento de numerosos cílios presentes na superfície interna da faringe. Esta é perfurada por milhares de fendas microscópicas dispostas entre vasos sanguíneos que formam uma rede organizada. Assim, quando a água passa pelas fendas, ocorre a troca gasosa (respiração). A parede interna da faringe é também recoberta por uma rede de fios de muco que retêm o alimento, principalmente bactérias e organismos unicelulares muito pequenos que vivem em suspensão na água do mar. Os cílios, além de promoverem a circulação de água, também encaminham o muco com o alimento em direção ao estômago, para sua digestão.

Apesar de apresentarem um hábito de vida muito diferente do nosso, as ascídias estão bastante próximas dos vertebrados na escala evolutiva e suas larvas são muito parecidas com girinos.

Rosana Moreira da Rocha

Departamento de Zoologia,
Universidade Federal do Paraná

CARTAS À REDAÇÃO

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

CORREIO ELETRÔNICO:
cienciahoje@cienciahoje.org.br

DAS CHUTEIRAS AOS NÚMEROS

CEDIDA PELO ENTREVISTADO



Wendelin Werner

Ele imaginou para si um futuro igual ao sonhado por milhões de crianças no mundo: ser jogador de futebol. Caso isso desse errado, havia uma segunda opção: comentarista esportivo. Mas, em seu caso, as probabilidades parecem ter jogado contra. E a vida determinou que aquele garoto deveria labutar não com os pés nas chuteiras, mas sim com a extremidade oposta do corpo: o cérebro. Em vez de gols e jogadas vistosas – em tempo: aos 14 anos, ele participou de um filme francês no qual a atriz Romy Schneider (1938-1982) interpretou seu último papel –, sua fama haveria de brotar dos números, dos símbolos e das equações.

Aos 39 anos de idade, o franco-germano Wendelin Werner, professor da Universidade de Paris Sul, em Orsay, é ganhador da medalha Fields, um ‘Nobel’ da matemática dado, a cada quatro anos, a pesquisadores com até 40 anos de idade. Ele sabe que comenda tão prestigiosa cobra seu preço. “Sempre querem saber minha opinião sobre vários temas, e ela agora vale mais do que antes; por isso, tenho que ter cuidado com o que digo” (não seria muito diferente caso ele tivesse sido eleito, por exemplo, o melhor jogador do mundo pela FIFA).

Em entrevista exclusiva à *Ciência Hoje*, Werner diz-se apenas uma pessoa comum. Nem gênio misterioso, nem um sujeito desajustado para a vida. “Não é necessário ser assim para estudar matemática.”

Cássio Leite Vieira
e **Fred Furtado**
Ciência Hoje | RJ

Sempre se imagina que matemáticos profissionais foram crianças estudiosas que não tinham tempo para esportes ou atividades sociais.

Esse foi o caso do senhor?

Não, como muitas pessoas aqui no Brasil, meu objetivo quando criança era ser jogador de futebol e, se não conseguisse isso, ser um comentarista esportivo. Não passava o tempo todo lendo ou estudando. Era uma criança como as outras.

Em 2006, o senhor recebeu a medalha Fields, considerada o Nobel da matemática, por seu trabalho com probabilidades. Quando pensamos nesse campo, sempre imaginamos coisas relacionadas a jogos de azar ou teoria dos jogos.

Sua pesquisa está relacionada com isso?

É verdade que a teoria da probabilidade, como campo de estudo da matemática, é inspirada pelos fenômenos aleatórios que observamos ao nosso redor, mas ela não se reduz a isso. Assim como outras áreas da matemática, é um estudo sobre conceitos abstratos e não especificamente sobre uma aplicação. Portanto, apesar de meu trabalho estar relacionado a isso, ele não aborda esse tema apenas, mas sim as suas relações com outras áreas da matemática.

Por outro lado, meu trabalho de pesquisa é inspirado por questões da física, em particular da chamada física estatística. Estudei sistemas como os gases, que são compostos de várias partículas que se movimentam de maneira aleatória. Em minha pesquisa buscava compreender o comportamento desse estado da matéria. O interessante é que, em certos casos, como em duas dimensões, ou seja, em um plano, esse sistema tem conexão com outros conceitos matemáticos.

Receber esse prêmio mudou algo em sua vida? O senhor agora se sente pressionado a só publicar trabalhos de altíssimo nível?

Por um lado, sim – as expectativas são maiores –, mas, por outro, não. As pessoas com quem trabalho discutem questões matemáticas comigo e não conceitos

como pressão [para publicar artigos] ou reconhecimento [público]. Obviamente, a comunidade fica feliz quando alguém de seu meio é reconhecido, mas o dia-a-dia continua o mesmo.

O que muda realmente é a relação com o público em geral. As pessoas que não sabem o que fazemos pensam que a medalha Fields é o objetivo final de minha vida acadêmica. É bom ser reconhecido, mas há vários outros matemáticos que podiam ter ganhado esse prêmio. Além disso, agora tenho outras responsabilidades, como dar entrevistas, porque o foco nessas premiações é importante e permite falar sobre matemática para os leigos.

Também tenho consciência de que não posso usar essa fama para fazer coisas que antes não poderia. Sempre querem saber minha opinião sobre vários temas, e ela agora vale mais do que antes, por isso tenho que ter cuidado com o que digo.

Para fazer trabalhos de pesquisa, o melhor é não ter outras responsabilidades, que é exatamente o contrário da minha situação atual.

Que escolhas o senhor fez em sua carreira que o levaram a receber a medalha Fields?

Primeiramente, devo dizer que as escolhas que fazemos em nossas carreiras científicas não têm como objetivo ganhar um prêmio. Estudamos os temas que acreditamos estarem mais próximos à nossa intuição, aqueles de que gostamos.

Recordo-me que, quando era um estudante e decidi me especializar em teoria da probabilidade, um amigo me disse que, se fizesse isso, eu jamais ganharia a medalha Fields e, portanto, deveria escolher outra área da matemática. Respondi que não me importava com isso.

Talvez, a escolha correta tenha sido seguir em uma direção de que gostava e ter tido a sorte de tanto estar no lugar certo, na hora certa, em que havia coisas interessantes para estudar quanto ter colaborado com colegas muito competentes.

Há uma pressão atualmente para se fazer matemática aplicada?

Depende do país e da política científica, mas é verdade que, de uma maneira geral, há uma tendência dos políticos de controlar os gastos públicos e, conseqüentemente, de querer investir apenas em pesquisas que produzam resultados mais concretos e imediatos.

Sempre querem saber minha opinião sobre vários temas e ela agora vale mais do que antes, por isso tenho que ter cuidado com o que digo

Considero isso um erro, porque não temos como saber o que resultará em alguma inovação lucrativa ou em uma possível aplicação. Mas, para nós, matemáticos, isso ainda não é um problema. As pessoas entendem que o que fazemos é abstrato e que pode não haver uma aplicabilidade imediata.

É preciso ser um gênio para se pesquisar matemática?

Claro que não. Não me considero um gênio. Gostamos dessa imagem de alguém que sabe muito, mas, na prática, qualquer um pode ter boas idéias, ser criativo ou rápido. Todo mundo encontra questões que não sabe como responder e nas quais outras pessoas se sairão melhor. ▶

ENTREVISTA

A matemática consiste em entender as coisas, em desmontá-las até seus pedaços elementares, para que todos possam entendê-las. Isso é o oposto dessa idéia de gênios misteriosos. O grande público gosta dessa idéia de os matemáticos não serem ajustados para a vida, de que eles seriam incapazes de ir a um supermercado comprar algo. Isso está completamente errado. Não é necessário ser assim para estudar matemática.

Na matemática, é mais importante o trabalho individual, concentrar-se em uma idéia sem distrações, ou é fundamental que haja colaborações e troca de informações?

Todos os aspectos são importantes. Algumas vezes, é necessário trocar informações; em outras situações, é preciso ficar quieto com seus pensamentos.

Mas há outro processo que também considero essencial: o momento em que se discute ou se tenta explicar seu trabalho para outra pessoa. Nessa hora, podem surgir idéias que nos permitem entender melhor o problema. Isso já aconteceu comigo inúmeras vezes, e não ocorreu porque as pessoas me disseram o que pensar, mas sim pelo simples fato de estar explicando. É, por isso, que gosto de dar aulas.

Atualmente, é possível fazer pesquisa em matemática só com lápis e papel?

Sim. Obviamente, há áreas da matemática nas quais se precisa de computadores para realizar estudos, mas em outras se pode trabalhar perfeitamente sem eles. Esse é o meu caso: só preciso deles para escrever.

Quem o senhor acha que ganhará a próxima medalha Fields?

Tenho alguns nomes em mente, incluindo pesquisadores de outros lugares que não os Estados Unidos, a Eu-

ropa e o Japão. Acredito que a próxima premiação servirá para dar reconhecimento a esses pesquisadores, bem como para as mulheres que estudam matemática.

Algum nome do Brasil?

Não gostaria de me comprometer, citando alguém em particular, mas claramente há pesquisadores desse nível atualmente no Brasil, assim como houve no passado.

É mais fácil para os jovens estudar matemática hoje do que na década de 1970?

Não. Uma das razões é que as crianças são expostas muito mais cedo à vida comercial e se tornam viciadas a essa maneira de pensar, na qual a pessoa não se concentra por muito tempo em coisa alguma. Além disso, em países com os quais tenho familiaridade, o conteúdo de matemática no currículo escolar caiu de qualidade. Não é algo dramático, nem estou dizendo que é impossível aprender matemática hoje, mas, em geral, creio que foi mais fácil para a minha geração.

Como se poderia melhorar o ensino de matemática e aumentar o interesse dos jovens?

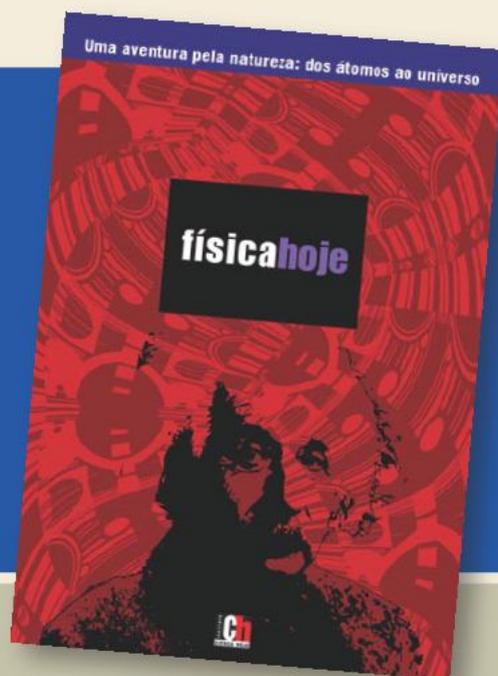
É uma pergunta difícil, pois é importante que eu diga algo, mas, como não sou um especialista nesse assunto, não posso dar uma resposta concreta. É uma questão complicada, porque esses assuntos educacionais têm um equilíbrio sutil. Se vamos muito em uma direção, acabamos causando mais problema em outra. Por exemplo, podemos estimular os estudantes a descobrir coisas por si mesmos, o que pode ser bom, mas, por outro lado, corremos o risco de eles perderem o incentivo e se tornarem improdutivos. ■

**USINAS NUCLEARES,
IMAGENS DE TOMOGRAFIA,
CIRURGIAS A LASER,
TELAS DE CRISTAL LÍQUIDO...**

**SAIBA NESTE LIVRO COMO
A FÍSICA MUDOU A SUA VIDA**

PEÇA JÁ SEU EXEMPLAR

LIGUE **0800 727 8999** OU VISITE **www.cienciahoje.org.br**



Diplomacia espacial

Franklin Rumjanek

Instituto de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro
franklin@bioqmed.ufrj.br



O projeto Pesquisa por Inteligência Extraterrestre (Seti, na sigla em inglês) tem por objetivo buscar sinais de inteligência fora de nosso planeta. Os principais instrumentos utilizados por sua equipe são radiotelescópios que varrem o universo – já há algumas décadas – em busca de sinais que indiquem a existência de civilizações, em algum ponto do espaço exterior, que desejam se comunicar. Até o momento o estudo não rendeu resultados animadores, mas a pesquisa prossegue.

Mais recentemente, os radioastrônomos ligados ao projeto e impacientes com a demora na obtenção de resultados ponderaram que talvez não seja suficiente permanecer em um papel passivo, de radioescuta, apenas recebendo e analisando os sinais. Seria melhor, segundo eles, tentar enviar mensagens a supostos extraterrestres. Essa postura mais ativa (o novo programa é chamado, em inglês, de Active Seti) teria a vantagem de selecionar regiões que sabidamente têm sistemas planetários que poderiam abrigar vida inteligente. Devemos lembrar que há muito tempo foram enviados ao espaço sinais de rádio e de televisão, mas estes, além de fracos, têm um conteúdo heterogêneo e duvidoso em termos de comunicação intergaláctica.

A idéia de transmitir sinais, porém, não agradou a todos os cientistas. Para alguns, existe certa dose de risco, pois as mensagens, se captadas, poderiam não agradar aos 'ouvintes'. Os argumentos usados apóiam-se principalmente na suposição de que, apesar de nossas fraternas intenções, não se pode prever como os alienígenas reagiriam ao estímulo. Tal preocupação foi resumida na declaração de certos participantes de um congresso realizado em 2006 em Valência, na Espanha: "Não há garantia de que todas as civilizações extraterrestres serão benignas, e de que, mesmo que o contato fosse feito com uma civilização pacífica, não houvesse repercussões graves." Isso foi dito seriamente e os demais cientistas reunidos acataram o aviso. Portanto, ainda não há transmissões, pelo menos oficiais, que possam agilizar o tão desejado encontro.

Qual a razão por trás dessa cautela exagerada? Para tornar a situação um pouco mais concreta, vamos inverter o problema. Um belo dia, chega à Terra

uma mensagem genuinamente extraterrestre. Depois de compreender a sintaxe, traduzir e interpretar o texto, concluímos que existe ali causa para incômodo. Após as infinitas discussões de praxe, alguém pode acreditar que optaríamos por organizar uma expedição até a fonte da mensagem para tirar satisfações pessoalmente? Nesse caso, a missão teria que dispor não só da tecnologia adequada a essa epopéia, mas também de uma tripulação (incluindo seus descendentes) preparada para passar milênios viajando.

Se recebêssemos uma mensagem incômoda de extraterrestres, alguém pode acreditar que organizaríamos uma expedição para tirar satisfações pessoalmente?

Para exemplificar, digamos que a mensagem tenha partido da região de Proxima Centauri, a estrela que fica mais perto do Sol e do sistema que abriga a Terra. Só a viagem de ida até essa estrela, que, segundo os astrônomos, provavelmente não tem à sua volta um sistema de planetas, demoraria 23 mil anos. Isso, em termos humanos, representaria quase mil gerações, muito mais que as registradas desde as primeiras civilizações humanas, na Mesopotâmia. Seguramente esse intervalo seria suficiente para o esquecimento de qualquer desavença ou incidente diplomático. E se o planeta causador da discórdia estivesse a duas vezes essa distância? Risível, não?

Há que considerar ainda a possibilidade de que uma das civilizações envolvidas no quiproquó tenha se extinguido nesse intervalo. O fato é que as distâncias envolvidas proíbem qualquer averiguação direta, a menos que as velocidades das espaçonaves possam atingir valores muito maiores que aqueles com os quais os físicos e engenheiros trabalham atualmente.

O mais curioso é constatar que uma espécie dita inteligente como a nossa – que, em sua grande maioria, não se preocupa muito com o próprio planeta – possa expressar tamanho tato para com mundos ainda desconhecidos. ■

Supercondutividade: que vibrações são essas?

Descoberta no início do século passado, a supercondutividade levou a vários desdobramentos práticos importantes, desde trens que flutuam sobre os trilhos ao mais potente acelerador de partículas do mundo, conhecido pela sigla LHC, que entrará em funcionamento ainda este ano em Genebra (Suíça). Porém, qual a explicação para esse fenômeno, no qual a eletricidade flui sem resistência? Resultados recentes publicados em *Nature* (v. 452, pp. 975-978, 2008) farão os físicos rever seus conceitos básicos sobre os chamados supercondutores de alta temperatura crítica.

“Toda e qualquer teoria para a supercondutividade será desaprovada!” Esta frase incisiva do físico suíço-americano Felix Bloch (1905-1983) resumia o sentimento dos especialistas em supercondutividade já na década de 1930, poucos anos depois de a mecânica quântica (teoria que lida com os fenômenos atômicos e subatômicos) ter sido formulada e a física atômica finalmente entendida. Ganhadores do prêmio Nobel que muito contribuíram para essa formulação não conseguiram explicar a supercondutividade: o dinamarquês Niels Bohr (1885-1962), que propôs o primeiro modelo quântico para o átomo; o austríaco Wolfgang Pauli (1900-1958), que basicamente mostrou haver apenas duas categorias de partículas na natureza, férmions e bósons; e o alemão Werner Heisenberg (1901-1976), o próprio descobridor da mecânica quântica.

A supercondutividade foi descoberta acidentalmente em 1911 por Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926), quando esse físico holandês resfriou o elemento químico mercúrio a uma temperatura perto do zero kelvin (ou zero absoluto, como é conhecido) e descobriu que a resistência à passagem de corrente elétrica nesse metal torna-se rigorosamente nula abaixo de certa temperatura, chamada crítica (no caso, de 4,2 kelvin, ou seja, 268,95 graus celsius negativos).

O fenômeno da supercondutividade é surpreendente, pois nele uma corrente pode fluir eternamente, já que não há dissipação de energia. Na condução elétrica, os elétrons trafegam no interior do metal, colidindo

com a rede cristalina, formada pelos átomos. As colisões devem-se à agitação térmica, o que explica o fato de a resistência elétrica diminuir com a temperatura, pois, com isso, a rede cristalina passa a vibrar cada vez menos. Bloch havia mostrado que não há colisões de elétrons com átomos, se estes estão alinhados, formando uma rede periódica perfeita. Mas esse alinhamento perfeito só é possível no zero absoluto e, assim, não explica por que abaixo da temperatura crítica os elétrons subitamente deixam de colidir. Eis o mistério do estado supercondutor.

Os físicos alemães e irmãos Fritz (1900-1954) e Heinz (1907-1970) London sugeriram, em 1935, que a supercondutividade resulta de um estado quântico macroscópico. Ou seja, os elétrons que conduzem a eletricidade no material (chamados elétrons de condução) aglomeram-se todos sob uma única ordem, formando um estado coletivo que se desloca coerentemente. Podemos imaginar que a passagem de um elétron através da rede cristalina polarize uma carga positiva ao redor do caminho percorrido por ele e que acabe por atrair um segundo elétron, de modo semelhante ao efeito encontrado nas corridas de fórmula I: um carro segue ‘no vácuo’ daquele que vai à frente. Entretanto, é surpreendente que todos os elétrons, em vez de se repelirem, pois têm a mesma carga, aglomerem-se, para se comportar como se fossem uma coisa só.

A sugestão dos irmãos London foi retomada após o fim da Segunda Guerra, quando questões científicas puderam novamente ser tratadas. Foi John Bardeen (1908-1991), físico

norte-americano, quem a considerou seriamente, quando, em 1950, recebeu um telefonema de um colega seu, Bernard Serin (1922-1974), desejoso em saber a opinião dele sobre a supercondutividade em isótopos de mercúrio (um isótopo de um elemento tem uma massa maior, devido à presença de nêutrons extras no núcleo atômico, mas as mesmas propriedades químicas do elemento em questão). Graças ao esforço para se produzir a bomba atômica no final da Segunda Guerra, a confecção de isótopos de mercúrio e outros metais havia se desenvolvido muito.

O resultado encontrado por Serin era que, quanto mais leve o isótopo, mais elevada a temperatura crítica do estado supercondutor. Bardeen imediatamente entendeu a mensagem: a rede cristalina passa a vibrar diferentemente, devido à presença de isótopos, e a interação dos elétrons com essas vibrações eram fundamentais para se entender a supercondutividade. A idéia de utilizar isótopos também ocorreu a outros, como ao alemão Herbert Frölich (1905-1991), que havia mesmo formulado uma teoria, propondo a dependência da temperatura crítica com o inverso da raiz quadrada da massa do isótopo.

A largada para a corrida do entendimento da supercondutividade estava dada, mas foi Bardeen quem a ganhou, ao publicar a teoria BCS, em 1958, com seus colaboradores Leo Cooper e Robert Schrieffer, ambos norte-americanos. Essa teoria explica a supercondutividade com base no argumento de que os elétrons de condução formam pares e assim passam a agir coletivamente. Para arrancá-los desse estado coletivo, é preciso fornecer um valor mínimo de energia (o chamado *gap*), que é exatamente a energia necessária para quebrar um par.

Em 1986, uma nova revolução ocorreu, mais uma vez motivada pela rede cristalina: foram descobertos os materiais cerâmicos supercondutores a alta temperatura crítica (o termo 'alta temperatura', no caso, significa cerca de 200 graus celsius negativos).



Ímã (centro da imagem) levitando sobre um supercondutor de alta temperatura crítica, resfriado com a ajuda de nitrogênio líquido. O fenômeno de levitação, no caso, deve-se ao chamado efeito Meissner

Os responsáveis pela façanha, o alemão Johannes Bednorz e o suíço Alex Muller, buscavam materiais dotados de um efeito especial intenso (efeito Jahn-Teller), pois julgavam ser essa propriedade capaz de aumentar significativamente a temperatura crítica. O efeito Jahn-Teller corresponde a uma deformação da rede cristalina, ocasionada ao redor de certos átomos e feita à custa de energia eletrônica.

Os físicos analisam as deformações de uma rede cristalina por meio de suas possíveis vibrações, os fônons, que são ondas que se propagam no interior do material. Neste início de século, o assunto voltou a interessar aos físicos, graças ao aprimoramento de uma nova técnica experimental, conhecida como Arpes (sigla, em inglês, para espectroscopia de fotoemissão com resolução angular). A Arpes é semelhante a jogar uma pedra (luz) em um lago (superfície do metal), e esta, além de arrancar diminutas gotas de água (elétrons), também pode gerar ondas na superfície (fônons), quando estas ondas existirem no material.

Essa técnica revela que há, nos materiais cerâmicos de alta temperatura, ondas propagadoras com energia entre 50 meV e 80 meV (para os padrões de energia com que estamos acostumados no cotidiano, essas quantidades são desprezíveis). O passo seguinte foi verificar se essas ondas correspondiam aos fônons – talvez aqueles responsáveis pela supercondutividade nos materiais cerâmicos de alta temperatura crítica. A teoria dos sólidos desenvolveu-se a

ponto de poder prever com precisão, por meio da técnica conhecida como aproximação de densidade local, quantos e quais são os fônons de um material, bastando conhecer sua estrutura cristalina.

Agora, porém, essa comparação das previsões teóricas com os resultados experimentais trouxe respostas inesperadas (e até indesejadas por muitos): embora a teoria preveja fônons com energia na faixa entre 50 meV e 80 meV, eles têm intensidade muito abaixo daquela encontrada experimentalmente pela técnica Arpes, como mostrado no recente artigo publicado por Feliciano Giustino, Marvin Cohen e Steven Louie, da Universidade da Califórnia, em Berkeley (Estados Unidos).

Em resumo: se essas excitações vistas por Arpes entre 50 meV e 80 meV explicam a supercondutividade, ainda não sabemos. Mas, pelo menos, já sabemos que elas não correspondem a simples vibrações da rede cristalina, ou seja, aos fônons do material. Esses resultados, de certo modo, farão com que os físicos repensem vários aspectos da teoria sobre a supercondutividade, um fenômeno que gera frutos práticos, mas que, em essência, permanece misterioso.

Mauro M. Doria

*Instituto de Física,
Universidade Federal
do Rio de Janeiro*

Antonio R. de C. Romaguera

*Departamento de Física,
Universidade Federal Rural
de Pernambuco*

MEDICINA

ALVO DA DENGUE

Em meio a uma das piores epidemias de dengue no Brasil, uma boa notícia vem de longe e dá esperança de que, no futuro, seja criada uma vacina terapêutica para essa doença viral.

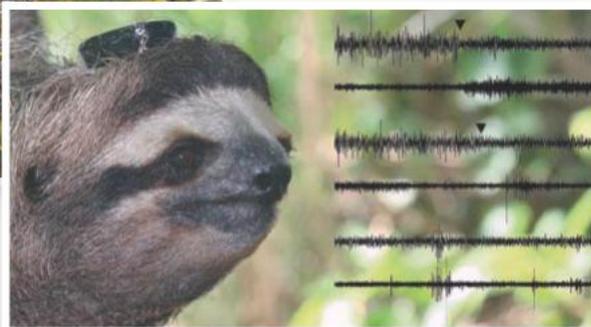
A equipe de Shie-Liang Hsieh, da Universidade Nacional Yang-Ming, em Taipei (Taiwan), mostrou que o vírus da dengue ‘seqüestra’ uma molécula de nome CLEC5A. Feito isso, ele inicia um lançamento maciço de agentes inflamatórios conhecidos como citoquinas, que, acredita-se, sejam os vilões por trás da inflamação que acomete o portador da dengue hemorrágica.

O grupo descobriu que anticorpos foram capazes de evitar a interação entre o vírus e a molécula, sem efeitos colaterais para o sistema imune dos camundongos usados na pesquisa. Além disso, metade dos animais infectados conseguiu livrar-se dos vírus.

Esses resultados poderão servir para o desenvolvimento de medicamentos terapêuticos para doenças virais com mecanismos de ação semelhantes.

A dengue acomete cerca de 50 milhões de pessoas por ano. No Brasil, até abril último, houve cerca de 231 mil casos, segundo o Ministério da Saúde. Desses, em torno de 1,1 mil foram da forma hemorrágica, causando 77 mortes (especialistas desconfiam que os números tenham sido bem maiores).

Nature, 21/05/08 online



Espécime de preguiça-comum (*Bradypus variegatus*), do lago Gatun (Panamá)

PURA INJUSTIÇA COM AS PREGUIÇAS • O animal preferido deste colunista tem agora uma nódoa limpa em seu currículo: a de dorminhoco inveterado. Estudos indicavam que a preguiça, como são chamados os membros das famílias Bradypodidae e Megalonychidae, dormiam, em média, 16 horas por dia. Pura injustiça com as seis espécies conhecidas, que habitam a América Central e a do Sul. Agora, um novo estudo, feito em uma floresta do Panamá (e não em cativeiro, como os anteriores), veio arrancar da preguiça a pecha de cometadora de um dos sete pecados capitais. Sua média de

sono baixou para meras 9,6 horas/dia, bem menos que a de muitos humanos. Três fêmeas tiveram presas ao corpo um aparelho que mede ondas cerebrais (destaque). A próxima vez que o leitor resolver macular a honra de alguém que dorme além da conta, o melhor seria qualificá-lo como jibóia (média de 18 horas de sono/dia). Para os ‘zumbis’, o epíteto adequado é girafa (2 horas de sono/dia). (*Biology Letters*, 2008, disponível em dx.doi.org com o código doi: 10.1098/rsbl.2008.0203)

STEFAN LAUBER/N. C. RATTENBORG ET AL. (BIOLOGY LETTERS)

EM FOCO

BRAVO, BRAVO, ASIMO! • Andróides são constantes no cinema (quem não conhece aquele da série *O exterminador do futuro*, interpretado pelo igualmente robótico ator e agora político Arnold Schwarzenegger?) e na literatura (*Eu, Robô*, do russo Isaac Asimov, 1920-1982, por exemplo, tornou-se um clássico da ficção científica). Agora, o diminuto e branquelo Asimo (sigla, em inglês, para algo como ‘passo avançado em mobilidade inovadora’) tem tudo para entrar para a lista de seres mecânicos inesquecíveis.

O que difere Asimo, construído pela empresa japonesa Honda, de uma horda de outros andróides que vivem pipocando na mídia é o fato de ele ter regido, em 13 de maio último (figura), a Orquestra Sinfônica de Detroit (Estados Unidos), no concerto ‘Sonho impossível’, que teve a participação do renomado violoncelista Yo-Yo Ma, que o cumprimenta na exibição (destaque).

Nos últimos 20 anos, os robôs humanóides passaram de grandalhões limitados, desajeitados e pesados a máquinas cheias de habilidades. A linha Asimo, por exemplo, com 1,2 m de altura e 52 kg de peso, compreende e responde a comandos de voz; reconhece feições; desvia de obstáculos; serve de guia em museus e de recepcionista em empresas japonesas; trabalha em equipe; carrega bandejas e empurra carrinhos; ajuda pessoas a atravessar a rua; e sabe a hora de recarregar a bateria, identificando onde está o ponto de reabastecimento mais próximo.

Uma das idéias da robótica de humanóides é que essas máquinas venham a ajudar pessoas com deficiências físicas ou a ser empregadas em missões perigosas para os humanos. Mais detalhes sobre as peripécias de Asimo em <http://asimo.honda.com> (em inglês).



FOTOS: HONDA

FULGOR DE UMA PAIXÃO • Dia ensolarado, e a fêmea aproxima-se de seus pretendentes. Ela observa cada um deles. A escolha recai sobre aquele cujo brilho tem algo de especial. A cena se dá entre uma espécie de aranha saltadora, a *Phintella vittata*, e o brilho, no caso, refere-se a como o corpo do macho reflete a radiação solar ultravioleta do tipo B (UVB). Já se sabia que o ultravioleta do tipo A é usado na comunicação por algumas espécies de animais, mas é a primeira vez que se nota que o UVB também serve a esse propósito (para humanos, esses dois tipos de radiação são invisíveis, e ambos, danosos para a pele). A descoberta foi feita por Daiqin Li, da Universidade Nacional de Cingapura, que gentilmente cedeu a imagem para a *CH*. No experimento, ele observou que as fêmeas preferiam os machos que estavam em uma câmara que permitia a passagem do UVB (na outra, essa radiação havia sido bloqueada com a ajuda de filtros especiais). Sabe-se que aranhas têm receptores para os raios UVA, mas ainda não se sabe como elas percebem os do tipo B. *Current Biology*, 06/05/08 pp. 1-5

DAIQIN LI/DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS/UNIVERSIDADE NACIONAL DE SINGAPURA



Macho adulto de *Phintella vittata* do Jardim Botânico Tropical de Xishuangbanna, na província de Yunnan (China)

CIÊNCIAS AMBIENTAIS **Estudo liga efeito estufa a mudanças em ecossistemas terrestres**

AQUECIMENTO, DE FATO, AFETA O PLANETA

Décadas se passaram até que os humanos fossem encurralados na cadeira dos réus e acusados formalmente pelo aquecimento global (o lobby norte-americano do petróleo, por exemplo, sempre conseguia arrancá-los de lá). Mais tempo se passou para que ele fosse condenado. OK, o aumento da temperatura média da Terra é um efeito antropogênico. Ano passado, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (conhecido pela sigla IPCC) saiu-se com um tímido “provavelmente”, na hora de afirmar que os efeitos desse calor extra no planeta seriam discerníveis em sistemas físicos e biológicos. Agora, pela primeira vez, um estudo mostra que é hora de passar do provável para o evidente.

O clima terrestre seja talvez o caso emblemático de sistema (muito) complexo. Por isso, deve ser tratado por modelos. Há enxurradas deles no momento, e os resultados são extremos: de catástrofes horrendas a coisas do tipo ‘aquecimento global não existe’, passando pela total destruição de florestas tropicais e geleiras. Uma saída para a tremenda variedade é buscar evidências de alterações diretamente nas fontes, ou seja, nos sistemas físicos e biológicos da Terra. Foi o que fez a equipe liderada por Cynthia Rosenzweig, do Instituto Goddard de Estudos Espaciais, da Nasa (agência espacial norte-americana).

O grupo de Rosenzweig (muitos dos membros participaram da feitura do último relatório do IPCC) examinou cerca de 30 mil conjuntos de dados, com registros começando na década de 1970. No total, foram 829 sistemas físicos e 28,8 mil biológicos (plantas e animais). Exemplos das mudanças observadas: pássaros que iniciam a migração mais cedo; derretimento de geleiras; erosão em regiões costeiras onde isso não deveria ocorrer; declínio de alimentos nos mares; alteração na relação entre plantas e insetos; rios que derretem antes do tempo etc.

Causas não naturais

Veredito depois de uma vasta análise: o aquecimento global é o fator determinante por trás das mudanças observadas em todos os continentes (em outras palavras, elas não podem ser atribuídas a causas naturais, nem mesmo ao desflorestamento ou poluição das águas, outras duas heranças humanas para a posteridade). Para os autores, 90% das mudanças registradas são condizentes com os efeitos previstos em um cenário de aquecimento global.

O que chama a atenção é a sensibilidade dos ecossistemas à variação de temperatura, o que faz da Terra um tipo de mecanismo de relógio suíço de alta precisão (ou seja, altera-se uma das pecinhas e a precisão vai embora). Desde 1970, acredita-se que o aumento de temperatura tenha sido algo entre 0,5 e 0,6 grau celsius. Nas palavras de Rosenzweig, muita alteração ambiental para pouco aquecimento atmosférico. O alerta deixado pela líder da equipe: caso não se faça algo, qualquer elevação, por menor que seja, causará conseqüências bem piores que as atuais.

Nature, 15/05/08



FOTO PHILIP BETHGE

GENÉTICA

É UMA AVE, UM RÉPTIL OU O QUÊ?

Diga a uma criança que existe um bicho que tem bico de pato, rabo de castor, olhos de toupeira, cloaca de galinha, põe ovos de lagarto, mama, e, em vez de penas, tem pêlo. Ela vai achar que se trata de uma dessas quimeras de filmes místicos tão comuns atualmente. O fato é que o simpático ornitorrinco (*Ornithothynchus anatinus*) teve esse misto de mamífero, ave e réptil comprovado agora pela genética.

O genoma do ornitorrinco foi decifrado por uma equipe internacional. Números do mais exótico animal terrestre: 18,5 mil genes (aproximadamente 2/3 do genoma humano), 52 cromossomos, sendo que 10 deles são sexuais (os seres humanos têm dois).

O genoma do ornitorrinco, um dos animais mais primitivos da Terra e encontrado na Austrália, Tasmânia e Nova Guiné, vai ajudar não só a entender como evoluíram os mamíferos, mas também na conservação dessa espécie, cujo parente mais próximo é a equidna, outro monotremado (ou seja, mamífero que bota ovo).

Descoberto há cerca de 200 anos, o ornitorrinco, quando levado pela primeira vez da Austrália para a Europa, chegou a ser acusado de ‘truque de montagem’ pelos cientistas. As fêmeas do ornitorrinco são desprovidas de útero e vagina, e suas glândulas mamárias não têm tetas. Os machos têm um esporão venenoso na pata traseira, cujo veneno é suficientemente forte para matar um cão.

Nature, 08/05/08

CIÊNCIAS AMBIENTAIS

TERREMOTOS E NUENS

Às vésperas das olimpíadas, a China contabiliza, às dezenas de milhares, os mortos do último terremoto que devastou seu território. Caso valha qualquer esforço para prever essas catástrofes, então seria útil uma espiadela em um trabalho recente de dois pesquisadores chineses. O problema é que o artigo correlaciona dois tópicos aparentemente desconexos: nuvens e terremotos.

A história dessa associação começou assim: examinando imagens de satélites, a dupla notou que um desenho estranho de nuvens havia se formado sobre uma falha tectônica no Irã. A parte central das nuvens, que se caracterizava por um vão que se estendia por centenas de quilômetros, permanecia parada, enquanto as que estavam em volta movimentavam-se. No solo, notou-se um aumento de temperatura.

O fato é que, 69 dias depois dessa formação irregular, em 22/

02/2005, um terremoto de intensidade 6,3 deixou um saldo de 600 mortos no Irã.

Tudo seria só uma associação incoerente não fosse o fato de, em dezembro de 2005, as nuvens suspeitas reaparecerem sobre a mesma falha. E, 64 dias depois, outro tremor, de intensidade 6.

Para os autores, Guangmeng Guo e Bin Wang, da Universidade Nanyang (China), pode ser que a falha emita gases, e estes, por sua vez, evaporem as nuvens, causando o surgimento do vão.

Um dos entrevistados da *New Scientist Environment* descarta a relação, alegando que não se conhecem modelos que expliquem o fenômeno. Na abertura do artigo, os autores dizem apenas que a intenção de ambos foi modesta: contribuir para o estudo de terremotos.

International Journal of Remote Sensing, v. 29, n. 7, pp. 1.921-1.928, 2008

BIOCOMBUSTÍVEIS E ENGENHARIA GENÉTICA • Os debates sobre biocombustíveis polarizaram-se: para alguns, a nova fonte de energia levará o mundo a uma crise de alimentos, com o Brasil tendo boa parcela de culpa; para outros (o presidente Lula tornou-se um ícone nessa ala), é a alternativa mais viável, que salvará a humanidade na hora em que o último barril de petróleo for extraído. A leitura de um artigo de revisão recente, com 11 páginas, em nada fará mal aos que, com mais ou menos calma, participam da altercação. O texto adiciona uma nova variável (até aqui pouco discutida) ao tema. O recado da autora, Mariam Sticklen, da Universidade do Estado de Michigan (Estados Unidos), para os governantes é mais ou menos este: sem a engenharia genética, os biocombustíveis terão preços impraticáveis, e a produção deles seria proibitiva do ponto de vista financeiro em muitos países (entenda-se, os mais pobres). Exemplos de propostas da especialista: i) desenvolver plantas que produzam as enzimas que liberam a energia armazenada nas paredes das próprias células vegetais, usando a luz do Sol como fonte de energia (hoje, essas enzimas são produzidas por micróbios em biorreatores que consomem boa quantidade de energia); ii) criar plantas com paredes celulares mais massudas. (*Nature Reviews Genetics*, junho 2008, pp. 433-443)

SINTONIA FINA



EQUINUS SERVICES

Há quem acredite que o nome dá um certo empurrãozinho na vida no quesito carreira e fama. No caso de uma aranha recém-descoberta, o nome fez dela um fenômeno de mídia da noite para o dia. Se a aranha de alçapão *Myrmekiaphila neilyoungi* não tivesse esse 'sobrenome' (relativo à espécie), sua foto (acima) não sairia em tantas páginas da internet, e ela estaria fadada a ser apenas mais uma nova espécie de aracnídeo sem apelo para as massas. Se o leitor tem alguma afeição pela cultura roqueira, talvez tenha percebido que parte do nome de batismo é uma homenagem ao legendário músico e compositor Neil Young. O feito deve-se ao biólogo Jason Bond (que, por sinal, tem lá uma dose de celebridade no sobrenome), da Universidade do Leste da Carolina (Estados Unidos), que se diz um fervoroso fã do roqueiro canadense. Até o fechamento desta edição, o homenageado, autor do clássico 'Hey Hey, My My', não havia se pronunciado sobre o assunto (o sítio oficial, em www.neilyoung.com, havia somente reproduzido uma reportagem sobre isso). Segundo o pesquisador Renner Luiz Cerqueira Baptista, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, as aranhas de alçapão constroem buracos e túneis no chão e fecham suas entradas com uma mistura de seda e material do solo (terra, folhas etc.). O Brasil tem espécies de aranhas de alçapão, mas não do gênero *Myrmekiaphila*.

Cássio Leite Vieira

Ciência Hoje/RJ

FONTES: SCIENCE, NATURE, NATURE MEDICINE, NATURE BIOTECHNOLOGY, NATURE GENETICS, NATURE IMMUNOLOGY, NATURE NEUROSCIENCE, NATURE NEWS, NATURE MATERIALS, GENE THERAPY, PHYSICS NEW UPDATE (THE AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS), PHYSICAL REVIEW FOCUS (AMERICAN PHYSICAL SOCIETY), PHYSICS WEB SUMMARIES (INSTITUTE OF PHYSICS), PHYSICAL REVIEW LETTERS, SCIENTIFIC AMERICAN, PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION, EUREKALERT EXPRESS, THE PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY, BBC SCIENCE/NATURE, NEW SCIENTIST, NANOTECHWEB NEWS ALERT, FOLHA DE S. PAULO, AGÊNCIA FAPESP, CELL PRESS, CHANDRA DIGEST, ASTROPHYSICAL JOURNALS, GRAVITY PROBE B UPDATE, INTERACTIONS NEWS WIRE, MEDICAL NEWS TODAY, ALPHAGALILEU, ROYAL SOCIETY LATEST UPDATE, SCIDEV.NET, UNIVERSO FÍSICO, SCIDEV.NET WEEKLY UPDATE, PICKED UP FOR YOU (H. WACHSMUTH / CERN), THE SCIENTIST DAILY

A background image of a seismogram with a yellow-to-orange gradient. The seismogram shows several distinct seismic wave patterns. A pen nib is visible on the right side, resting on the paper.

REFLEXOS NO BRASIL DE TERREMOTOS DISTANTES

Moradores de prédios em diversas cidades brasileiras, em especial São Paulo, Brasília e Manaus, têm se assustado, nas últimas décadas, com abalos sísmicos que fazem com que os apartamentos balancem, as janelas trepidem e objetos se movam. Muitos deixam suas residências às pressas, acreditando que está ocorrendo um terremoto.

O fenômeno, na verdade, é consequência de terremotos, mas em raros casos estes ocorreram no Brasil. Em geral, o que as pessoas sentem são reflexos de terremotos distantes. Tais reflexos são sentidos desde 1906 nos grandes centros urbanos brasileiros, embora tenha havido um aumento de ocorrências na última década. Usando a sismologia, busca-se compreender como e por que ocorrem os reflexos e o que causou o aumento de sua ocorrência no país.

George Sand França

Observatório Sismológico, Universidade de Brasília

Marcelo Assumpção

*Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas,
Universidade de São Paulo*

Em 13 de novembro de 2006, o jornal *Folha de S. Paulo* publicou notícia com o título 'Reflexos de terremoto na Argentina atingem quatro estados e o DF'. O abalo tinha acontecido, a grande profundidade, na província argentina de Santiago del Estero, e teve magnitude 6.8 na escala Richter (ver 'Tremores sob medida'). Outra notícia no mesmo jornal, em 16 de agosto do ano passado, dizia: 'Tremor de terra sentido por moradores de Manaus.' Nesse caso, os manauaras sentiram os reflexos de um forte terremoto (de magnitude 8) ocorrido no Peru, que causou 510 mortes naquele país.

Ultimamente, essas notícias tornaram-se frequentes, e os 'tremores' chegam a assustar a população e até provocam a evacuação de grandes edifícios. No último dia 22 de abril, um tremor de magnitude 5.2, na plataforma continental brasileira, a 215 km da cidade paulista de São Vicente, foi sentido em várias cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná

e Santa Catarina. Entretanto, muitos dos abalos que assustam moradores de grandes centros urbanos brasileiros são reflexos de terremotos andinos – ocorridos na região da cordilheira dos Andes, no oeste da América do Sul.

O primeiro registro no Brasil de terremotos desse tipo, decorrentes da influência andina, ocorreu em 17 de agosto de 1906, às 0h40 (horário de Greenwich). O terremoto, com profundidade de 35 km e magnitude de 8.4, ocorreu no Chile. Seus reflexos foram sentidos em alguns locais de Mato Grosso. Desde então, foram registrados reflexos de 51 eventos distantes em cidades brasileiras, com notável aumento dessa ocorrência nos últimos 10 anos nas cidades de São Paulo, Manaus, Curitiba e Brasília. Esse aumento nos deixou curiosos, fazendo com que buscássemos, por meio da sismologia, respostas para esses reflexos no Brasil. ▶

TREMORES SOB MEDIDA

A escala Richter, convenção usada internacionalmente para medir a intensidade de terremotos, foi proposta em 1935 pelos sismólogos norte-americanos Beno Gutenberg (alemão de nascimento, 1889-1960) e Charles F. Richter (1900-1985). Com base na amplitude dos registros sismológicos de grande número de tremores, eles formularam uma escala progressiva, partindo de abalos muito fracos, que convencionaram ser equivalentes a zero (os equipamentos atuais registram abalos até mais fracos), e estabelecendo que cada nível dessa escala (1, 2, 3 etc.) corresponderia a um aumento de 10 vezes na intensidade, em relação ao nível anterior. Não há um limite superior na escala Richter, e os terremotos mais intensos já registrados atingiram magnitudes próximas a 9 (terremotos com essa magnitude são um bilhão de vezes mais intensos que os de magnitude zero).

De modo geral, a primeira explicação é a de que qualquer terremoto gera oscilações (ondas sísmicas) que podem, dependendo da energia liberada pelo fenômeno e de fatores geológicos, se propagar na crosta terrestre até longas distâncias. Os prédios mais altos sentem essas ondas sísmicas com maior facilidade.

Quando acontecem terremotos com conseqüências graves (em 1976, na China, cerca de 250 mil pessoas morreram em um desses eventos), surgem dúvidas e questionamentos sobre certas definições tão distantes da nossa realidade. As mais comuns são as seguintes: O que é um terremoto? Por que tantos terremotos

ocorrem na costa oeste da América do Sul? Acontecem – ou acontecerão – terremotos com a mesma magnitude no Brasil? O fenômeno tem alguma relação com o aquecimento global? Por que um terremoto tão distante é sentido em cidades brasileiras?

PLACAS EM MOVIMENTO

Para obter as respostas é preciso, em primeiro lugar, compreender um termo científico já bastante usado na mídia: a 'teoria das placas tectônicas'. A camada exterior da Terra, a litosfera, está dividida em vários blocos que se movem lentamente, formando um quebra-cabeça dinâmico. Tais blocos, chamados de placas litosféricas ou tectônicas, têm espessura em torno de 100 km e se movimentam sobre a camada logo abaixo, denominada astenosfera, onde as rochas, em função das elevadas temperaturas, são mais 'plásticas' (não se quebram).

Os limites entre essas placas são de três tipos: a) divergentes, nos quais as placas afastam-se uma da outra, abrindo espaço para material vindo da astenosfera, que é resfriado e se solidifica; b) convergentes, nos quais duas placas colidem e uma é forçada a deslizar para baixo da outra, sendo lentamente destruída ao entrar na astenosfera (figura 1); e c) conservativos, nos quais as placas deslizam

Figura 1. As placas tectônicas distribuem-se por toda a Terra – as setas indicam o movimento relativo nas margens das placas ativas, e as linhas vermelhas indicam os limites convergentes, como o das placas de Nazca e Sul-americana, próximo à costa oeste da América do Sul

FONTE: UNIVERSIDADE DO TEXAS (SOBRE IMAGEM DA NASA)

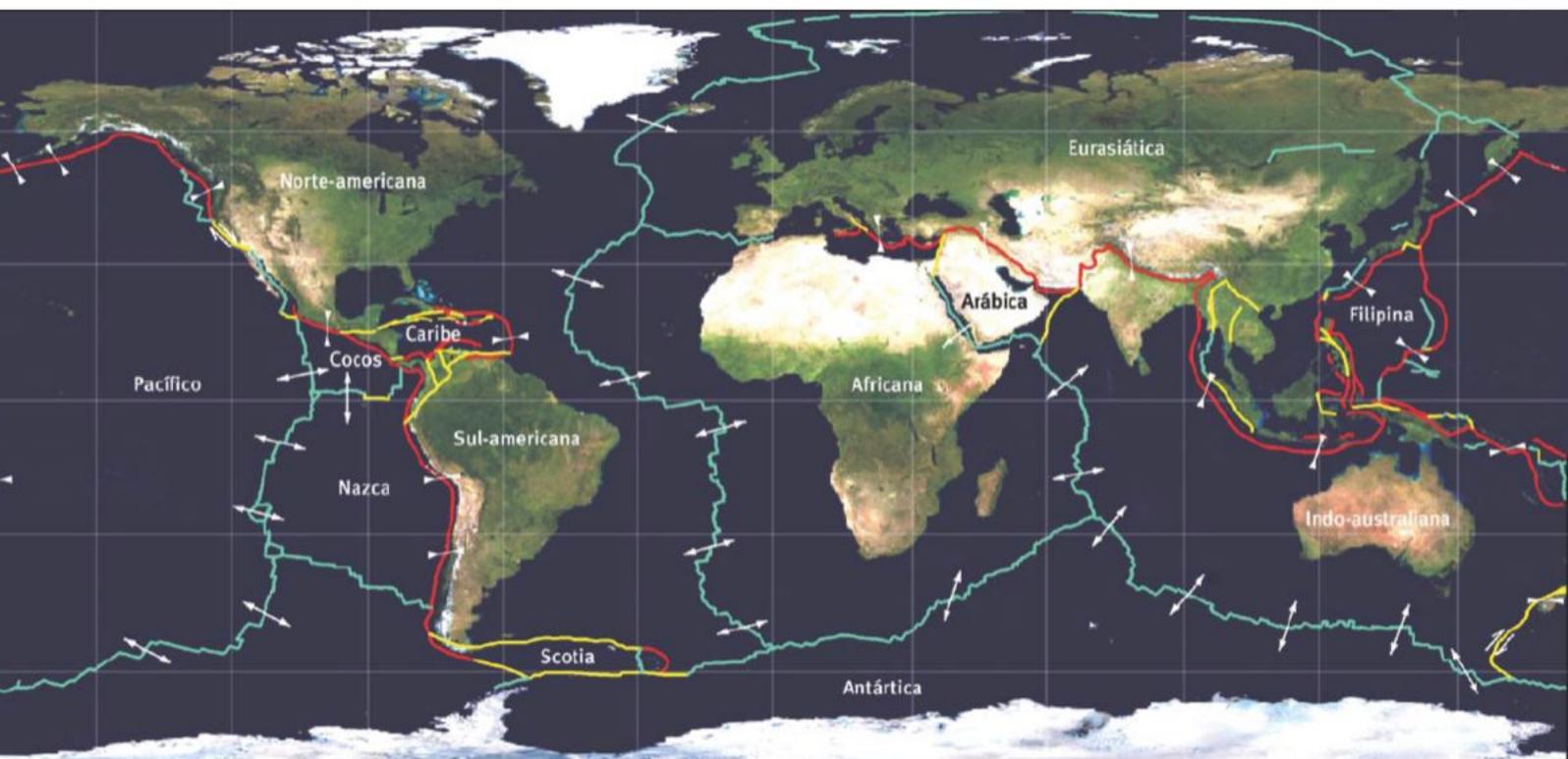


Figura 2. A placa oceânica de Nazca, à esquerda, por ser mais densa, mergulha sob a placa continental Sul-americana, à direita, em um processo que causa tensões. Onde as rochas não suportam essas tensões ocorrem os terremotos (a figura não está em escala)

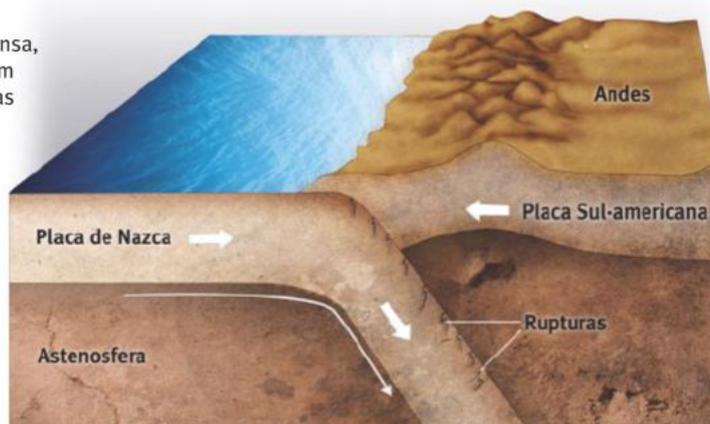
lateralmente uma em relação à outra, sem geração ou destruição de placa. A destruição total de uma placa, nos limites convergentes, vai até 700 km abaixo da superfície, ou seja, essa é a profundidade máxima de um terremoto.

O lento deslocamento das placas tectônicas decorre do movimento de convecção existente no manto plástico, abaixo da litosfera (nesse movimento, a rocha, sob condições de alta temperatura, comporta-se como um material plástico-viscoso, migrando lentamente para cima). Os blocos, ao se deslocar, provocam o acúmulo de tensões, principalmente em suas bordas. Quando essas tensões atingem o limite de resistência das rochas, ocorre a ruptura (ou terremoto), liberando parte da energia acumulada em forma de ondas sísmicas e parte em forma de calor. São essas ondas – vibrações das rochas – que, ao chegar à superfície, provocam danos ou desastres.

Com o conceito de terremoto em mente, vamos para outra pergunta. Por que acontecem terremotos na costa sul-americana? Na América do Sul, a costa do Pacífico é um limite de convergência entre duas placas tectônicas, a de Nazca e a Sul-americana. Como a placa de Nazca é mais densa, ela mergulha sob a placa Sul-americana (figura 2). Esse mergulho contínuo levará à destruição completa da placa de Nazca, que será absorvida pelo manto da Terra. Por causa do contato entre as placas, os terremotos acontecem em toda a costa sul-americana do Pacífico e na costa do Atlântico, ao norte, onde a placa Sul-americana encontra a Caribenha.

TERREMOTOS NO BRASIL

O Brasil, então, está livre de terremotos? Em parte essa afirmação é pertinente, já que nosso país situa-se no centro da placa Sul-americana. Na verdade, porém, não estamos totalmente livres de terremotos, pois ocorrem abalos sísmicos no interior de placas (terremotos intraplacas). No entanto, a ocorrência destes é menor no Brasil que em qualquer região de limites de placa. O maior tremor de terra registrado no país aconteceu em 1955 em Porto dos Gaúchos (MT), e teve magnitude 6.2. Não causou preocupação ou danos à população, já que era uma região pouco habitada na época. Em 1986, em João Câmara (RN), um terremoto de magnitude 5.1 abalou a cidade, destruindo algumas casas e assustando a população da zona rural. Nessa região a atividade



sísmica continua até hoje, com magnitudes menores. Há alguns meses, em 9 de dezembro de 2007, um tremor de magnitude 4.9 na localidade de Caraíbas, no município de Itacarambi (MG), destruiu várias casas e causou a morte de uma criança – a primeira vítima fatal por terremoto no Brasil.

Várias hipóteses procuram explicar essa sismicidade intraplaca. A mais aceita, proposta pelo sísmólogo norte-americano Lynn R. Sykes em 1978, é a de que a área de atividade sísmica provavelmente é uma zona de fraqueza. Portanto, qualquer alteração de esforço local causaria um tremor. No território brasileiro, além das áreas citadas, existem outras com atividade sísmica no Nordeste (Rio Grande do Norte e Ceará), no Sudeste (na plataforma continental, ao largo da costa) e no Centro-oeste (na chamada 'faixa sísmica Goiás-Tocantins') (figura 3).

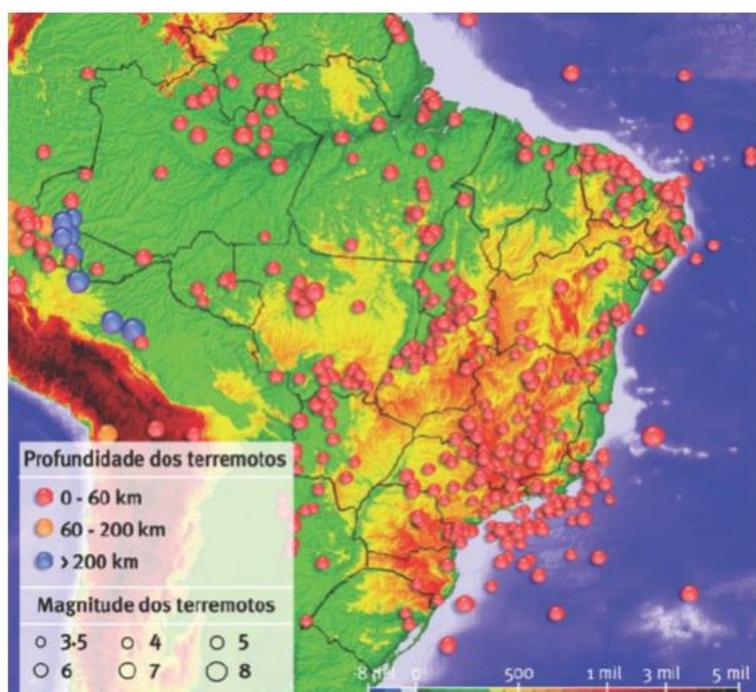


Figura 3. O mapa da sismicidade brasileira mostra que desde 1720 (e até 2007) ocorreram tremores de terra com magnitude acima de 3.5 em diversas áreas do país, embora nenhum deles tenha atingido a magnitude 7

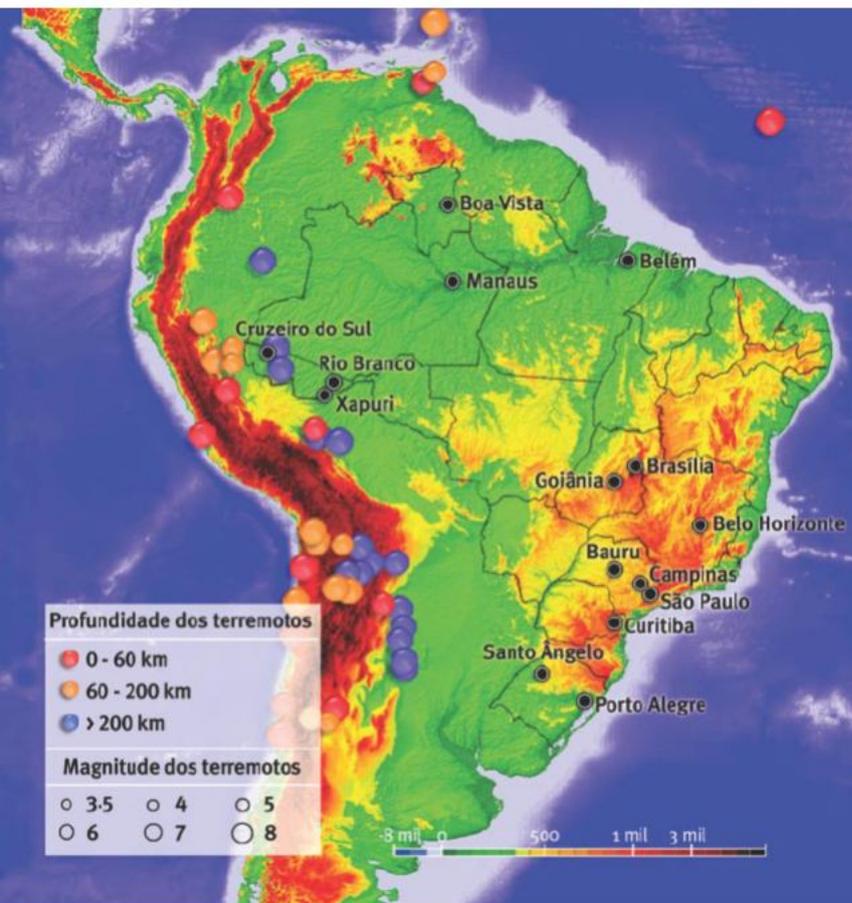


Figura 4. Vários terremotos andinos com magnitude acima de 5 foram sentidos em diferentes cidades brasileiras – as principais cidades onde isso aconteceu estão indicadas no mapa

dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera é, segundo os cientistas, de cerca de 3°C , no máximo. Além disso, a litosfera é uma camada rígida que vai da superfície ao nível onde a temperatura atinge 1.200°C . Portanto, até o presente momento, a influência do aquecimento global no movimento das placas – e, portanto, nos terremotos – é desprezível.

FONTE: FRANCA E ASSUNÇÃO

OS REFLEXOS DISTANTES

Por que cidades como São Paulo, Manaus, Brasília e Curitiba sentem um terremoto ocorrido nos Andes ou no Caribe? Desde 1906, 51 terremotos na costa oeste sul-americana, com magnitude maior que 5, foram sentidos no Brasil (figura 4). As regiões sísmicas que mais provocam esse fenômeno são Jujuy, Santiago Del Estero e San Juan, na Argentina; área costeira e centro do Peru; área costeira do Chile; e região sudeste da Bolívia. Dos abalos distantes sentidos no Brasil, 80% aconteceram em profundidade superior a 100 km.

Quando ocorre um terremoto, são geradas vibrações sísmicas. Tais vibrações, conhecidas como ondas sísmicas, propagam-se pelo interior da Terra e são registradas em sismógrafos do mundo inteiro (figura 5). A velocidade e a amplitude dessas ondas dependem do meio que atravessam. Como as cidades de São Paulo, Curitiba e Manaus estão sobre uma bacia sedimentar, ou seja, uma região menos consolidada, as ondas são amplificadas ao entrar na bacia. Brasília é um caso particular, pois se situa sobre metassedimentos, ou seja, rochas sedimentares

Um dos temas mais discutidos hoje pela mídia é o aquecimento global. Mas esse aquecimento tem alguma influência sobre o número de terremotos que acontecem no mundo? A resposta mais sensata é: não. O movimento das placas resulta dos fluxos de rochas no interior do planeta, ou seja, do lento movimento de rochas ‘amolecidas’ pelas elevadas temperaturas – que chegam a 3.000°C – em grande profundidade. Já a variação de temperatura na superfície decorrente do acúmulo de gases como o

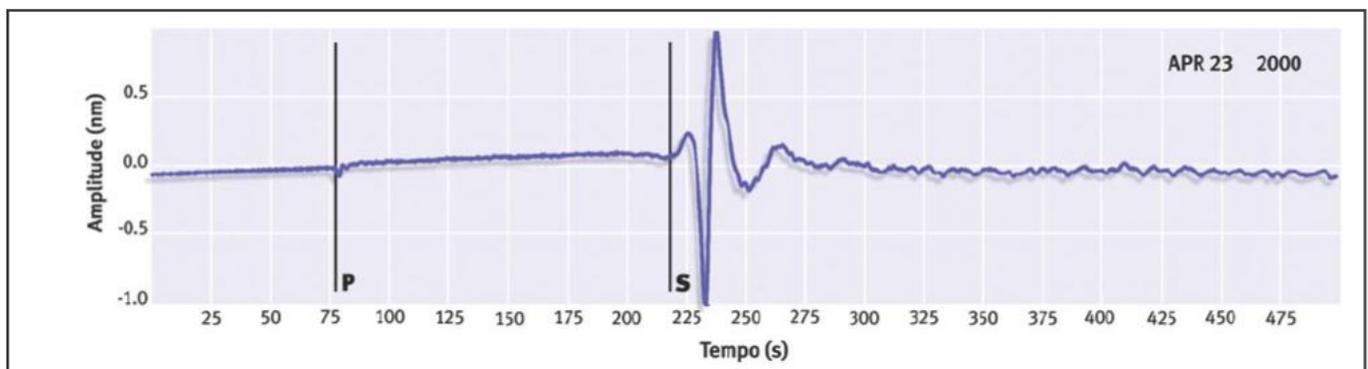


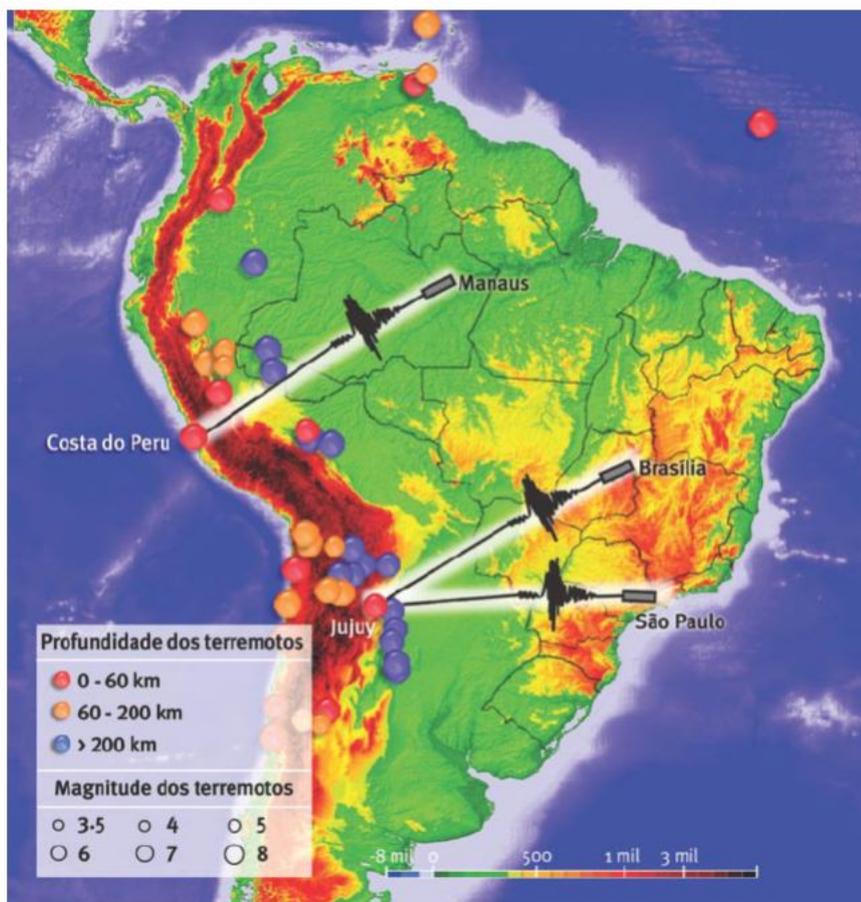
Figura 5. Os terremotos distantes são registrados em sismógrafos instalados no Brasil na forma de gráficos – o registro mostrado nesta figura, obtido na estação SPB, em Sorocaba (SDP), é de um terremoto ocorrido a 23/04/2000 em Santiago del Estero, na Argentina. As letras ‘P’ e ‘S’ indicam os dois tipos de ondas sísmicas registradas pela estação e a ‘altura’ das ondas ‘S’ indica a intensidade do abalo sentido em São Paulo

Figura 6. A orientação dos edifícios pode potencializar os reflexos de terremotos distantes. Em edifícios retangulares 'alinhados' com a direção de propagação da onda, e portanto perpendiculares ao deslocamento lateral do solo provocado pelas ondas S, os abalos são mais sentidos que em outros

que já começaram a se transformar em outro tipo. Situação semelhante à de São Paulo e Manaus é observada na cidade do México, onde, em setembro de 1985, o reflexo de um terremoto de magnitude 8.0 e com epicentro a mais de 370 km de distância, no oceano Pacífico, abalou toda a cidade, destruindo muitos edifícios e deixando milhares de mortos. Assim, as estruturas geológicas sob as cidades são a primeira condição para que aconteçam reflexos de terremotos distantes.

Outro aspecto importante é o fenômeno da ressonância entre a vibração do solo e os grandes edifícios. Cada objeto – inclusive edifícios – tem um período característico de oscilação natural. Quando a onda sísmica gerada em um terremoto (que também apresenta uma oscilação característica) atinge a base de um prédio, pode coincidir com sua oscilação natural. Nesses casos, surge o fenômeno físico denominado ressonância, no qual ocorre transferência de energia de um sistema oscilante para o outro. Empiricamente, calcula-se que o período de oscilação natural em edifícios com 30 andares seria próximo dos períodos predominantes nas ondas sísmicas dos terremotos andinos e, por isso, esses prédios são mais afetados pelos reflexos (ou seja, 'balançam' mais). O acentuado crescimento urbano no Brasil, com a construção de grande número dos chamados arranha-céus, certamente também contribuiu para o aumento das ocorrências de reflexos nas últimas décadas.

Por fim, há o aspecto – ainda em estudo – da posição dos edifícios nas áreas em que é maior o deslocamento lateral do solo (decorrente da chamada onda S), em relação à direção de propagação da onda sísmica (figura 6). Isso explicaria por que, em uma região com diversos edifícios, apenas alguns sentem de modo mais intenso os reflexos dos terremotos. Em 2000, após um terremoto em Jujuy, na Argentina, com reflexos na capital paulista, a Universidade de São Paulo fez um levantamento para diagnosticar os bairros e os prédios paulistanos que sofreram com o problema. Usando essas informações, estimamos as orientações de cinco edifícios que sentiram o abalo. Quatro desses prédios apresentavam uma orientação com risco potencial, ou seja, estavam 'alinhados' com a linha de propagação da onda e posicionados perpendicularmente ao deslocamento do solo. Portanto, em condição de receber toda a energia da máxima amplitude da onda S. Nesses quatro prédios, a diferença entre a orientação



do edifício e a da máxima amplitude da onda S ficou entre 5° e 37°. Os prédios onde foi realizada a análise têm formato retangular – em prédios redondos, por exemplo, a análise é mais difícil, já que não têm uma orientação definida.

Portanto, são três os aspectos que reforçam a ocorrência de reflexos distantes, principalmente de terremotos andinos, nas cidades brasileiras: prédios altos, geologia da área e orientação preferencial dos prédios. Certamente, as cidades de São Paulo, Curitiba e Manaus reúnem essas características e são suscetíveis aos reflexos de eventos distantes. Brasília reúne dois aspectos: prédios altos e orientação preferencial dos edifícios (a grande maioria deles tem formato retangular). Como a geologia, na região da capital federal, difere da observada nos outros centros citados, ainda é necessário um estudo detalhado para entender melhor os reflexos dos abalos sísmicos em Brasília.

Como os terremotos distantes, principalmente andinos, sempre ocorrerão, seus efeitos continuarão a ser sentidos no Brasil. Portanto, precisamos saber que, quando estivermos em um grande centro e dentro de um edifício com mais de 15 andares, se esse prédio começar a balançar será grande a possibilidade de que seja reflexo de um evento sísmico distante. ■

SUGESTÕES PARA LEITURA

- ASSUMPTÃO, M. 'Terremotos no Brasil', in *Ciência Hoje*, v. 1, nº 6, p. 13, 1983.
- BERROCAL, J.; ASSUMPTÃO, M.; ANTEZANA, R.; DIAS NETO, C.M.; ORTEGA, R.; FRANÇA, H. & VELOSO, J. *Sismicidade do Brasil*. São Paulo, IAG/USP, 1984.
- FRANÇA, G. S. 'Brazil seismicity', in *Bulletin of IJSEE*, nº 40, p. 23, 2006.
- TEIXEIRA, W.; DE TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R. & TAIOLI, F. (Orgs). *Decifrando a Terra* (cap. 3 e 5). São Paulo, Oficina de Textos, 2001.



A terra no pensa

Você já pensou na imensa extensão territorial do Brasil? Em um país assim, de proporções continentais, entender a identidade nacional foi um grande desafio para os intelectuais.

O modo como alguns deles usaram a 'terra' como representação do lugar do Brasil no mundo moderno foi o tema de minha tese de doutorado, 'A Rússia americana: a terra no pensamento social brasileiro'.

Foi surpreendente perceber como o pensamento de dois escritores do início do século passado aproximou o Brasil de lugares tão distantes como os Estados Unidos e a Rússia!

João Marcelo Ehlert Maia

Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil, Fundação Getúlio Vargas

Construindo um país

O espaço sempre foi um tema que obcecou os homens que procuraram encontrar uma identidade nacional para o Brasil. Os portugueses que aqui chegaram a partir de 1500 destacaram a natureza, as florestas e as riquezas naturais do território, como atesta a própria carta escrita por Pero Vaz de Caminha, o escrivão da frota de Pedro Álvares Cabral. Para muitos, as terras recém-descobertas pareciam uma realização terrena do paraíso bíblico, como mostrou o historiador Sérgio Buarque de Holanda (1902-1982) em seu livro *Visão do paraíso*.

Desde então, o fascínio pela imensa e desconhecida geografia do Brasil fez com que numerosos escritores e pensadores buscassem decifrar a identidade do país por meio do uso de representações espaciais. Os jesuítas, por exemplo, já usavam o termo 'sertão', hoje tão comum em nossa linguagem cotidiana, relacionando-o aos espaços povoados pelos nativos brasileiros. Para esses religiosos, o Brasil se definia como uma terra vasta, inexplorada, mas distante da civilização européia de então. Ao longo do período monárquico, a natureza estava associada a uma busca da origem da civilização brasileira, como atestam os romances do político e escritor José de Alencar (1829-1877) – por exemplo, *O Sertanejo*, *Iracema* e outros.

FOTO DE MONIQUE CABRAL/TYBA



mento brasileiro

moderno na periferia do mundo

Na Europa, os românticos associavam a cultura de cada país às tradições e à história de cada povo. Mas qual seria a identidade de um país jovem e americano como o Brasil? O território foi então eleito como nossa marca e como símbolo de uma sociedade recente. Cronistas, cientistas e viajantes estrangeiros passaram a percorrer o país de norte a sul, produzindo relatos e imagens sobre o espaço nacional que ajudassem a formar um repertório de símbolos que nos identificasse.

Como interpretar essa obsessão pelas imagens espaciais do Brasil? Para o geógrafo Antonio Carlos Robert de Moraes, autor de *Território e história no Brasil* (2002), a insistência com que as elites políticas brasileiras representavam o Brasil como um território evidenciaria um pensamento autoritário, pois implicava imaginar o espaço como um 'vazio' a ser ordenado e controlado pelo Estado. Esse autor chama isso de "territorialismo". Já a historiadora Flora Sussekind, em seu livro *O Brasil não é longe daqui* (1987), argumentou que as narrativas de ficção das décadas de 1840 e 1850 usavam exaustivamente retratos naturais e geográficos do país, mas estes surgiam sempre como simples cenários desprovidos de história. É como se o espaço fosse associado a alguma essência do Brasil, algo que sempre permaneceu imutável e, portanto, garantiria nossa identidade.

Outros estudiosos, porém, preferiram argumentar que as imagens espaciais traduziam não uma idéia essencialista, mas uma visão do país como uma sociedade móvel e inventiva. Essa é a perspectiva, por exemplo, do sociólogo Robert Wegner, que mostrou, no livro *A conquista do oeste: a fronteira na obra de Sérgio Buarque de Holanda* (2000), como a idéia de fronteira remete a uma interpretação do Brasil que destaca a adaptação e a inventividade dos bandeirantes. A pesquisa que deu origem à tese e a este artigo seguiu esse caminho, vendo no espaço uma forma simbólica de expressar as características inventivas do Brasil.

Duas visões da terra brasileira

Os objetos de estudo da tese 'A Rússia americana' foram os engenheiros e escritores Euclides da Cunha (1866-1909) e Vicente Licínio Cardoso (1889-1931). O primeiro lançou em 1902 o romance histórico *Os sertões*, famoso livro dedicado a entender o episódio conhecido como Guerra de Canudos – a operação militar contra a comunidade independente criada na Bahia ▶



pelo movimento sociorreligioso liderado pelo beato Antônio Conselheiro. Ao misturar ficção e ciência, ensaio e história, o escritor fluminense foi responsável não só pela revelação de um Brasil desconhecido para boa parte dos habitantes das grandes cidades, mas também pela divulgação de uma imagem sobre os sertões do país. Desde então, sua obra foi lida e relida das mais diversas maneiras, o que contribuiu ainda mais para consolidar a idéia de que, para entender o Brasil, era necessário analisar suas diferentes geografias. Já Cardoso era um intelectual carioca de grande prestígio nos anos 20 do século passado, tendo participado de inúmeras campanhas pela educação nacional. Em seus ensaios e livros também se percebe um grande interesse pelo tema da terra e pelo uso de imagens espaciais para compreender o país.

No início da leitura e análise dos escritos desses dois autores, várias perguntas pareciam intrigantes. Por que dois engenheiros, formados para exercer uma profissão normalmente orientada para problemas urbanos e modernos, dedicavam tanto interesse ao tema da terra? Que tipo de interpretação do Brasil poderia se extrair desses escritos? Seria esse tipo de reflexão anacrônica, distante das tendências dominantes do modernismo?

A pesquisa revelou vários aspectos interessantes que ajudavam a encontrar respostas para essas questões. Ao investigar a trajetória e a carreira desses dois escritores, foi possível perceber que ambos se formaram dentro de uma tradição intelectual que valorizava o conhecimento científico, a técnica moderna e as ciências exatas – o chamado positivismo. Além disso, em um período da história brasileira em que boa parte dos intelectuais era advogado ou bacharel, ambos eram formados em engenharia (o primeiro na Escola Militar, o segundo na Politécnica), a despeito de terem ambições literárias e estéticas. Viviam, portanto,

uma situação curiosa: valorizavam a cultura técnica e científica, mas encontravam dificuldades para se encaixar de forma satisfatória em funções associadas à engenharia.

A análise incluiu cartas, memórias de amigos e biografias, que atestaram os problemas encontrados por Cunha e Cardoso nas suas trajetórias. Espremidos entre a engenharia e o ambiente intelectual que desejavam, usavam seus conhecimentos científicos como uma espécie de credencial que os valorizava. Ao mesmo tempo, não olhavam para a cidade ou para a vida urbana como uma imagem que pudesse explicar o Brasil, mas para a terra e para os sertões. É como se as frustrações e o sentimento de inadequação que sentiam nos ambientes urbanos do Brasil da Primeira República se traduzissem em uma busca por geografias novas e desvinculadas dos lugares tradicionais.

Vale lembrar que, no período histórico estudado (a Primeira República), era muito comum o uso de representações do espaço brasileiro como forma de pensar o Brasil e seu lugar no mundo. O nacionalismo era um tema que apaixonava os intelectuais, e diversos escritores e poetas buscavam entender a origem do país e seu destino histórico. O chamado 'americanismo' designava um conjunto de idéias a respeito da inserção do Brasil na América e das qualidades comuns a todo o Novo Mundo. Homens como o escritor Graça Aranha (1868-1931), autor do romance *Canaã*, lançado também em 1902, e o poeta Ronald de Carvalho (1893-1935) escreviam ensaios e livros que tratavam do tema americano e utilizavam imagens espaciais para pensar o Brasil.

Em geral, pode-se perceber que esses intelectuais oscilavam entre a defesa do país como uma terra nova, diferente das sociedades européias, e a busca por uma tradição que fornecesse uma identidade para a cultura nacional. A despeito dessa ambigüidade, as expres-



sões e categorias que esses homens usavam para falar da nossa terra – “instinto da terra”, “vozes da terra”, “metafísica do horror” – eram muito populares e influentes, o que produzia um contexto de linguagem comum a vários escritores e pensadores.

A fronteira, lugar novo e aberto

No caso de Euclides da Cunha, o estudo abrangeu seus textos sobre a Amazônia, elaborados a partir de uma expedição feita em 1905 sob convocação de José Maria Paranhos Júnior, o barão de Rio Branco (1845-1912), então ministro das Relações Exteriores, com o objetivo de delimitar as fronteiras entre Brasil e Peru. Em tais escritos, a representação do espaço feita pelo escritor destaca a dimensão móvel, flutuante e instável do território. Na Amazônia, as grandes mudanças do regime fluvial alteravam os rios, o que, segundo Cunha, caracterizava um lugar novo e aberto, como se ainda estivesse em formação. Ao mesmo tempo, a colonização desse espaço foi feita por homens das mais variadas origens étnicas, que conseguiram ‘vencer’ a floresta e o clima em sua adaptação pragmática a essa geografia.

A Amazônia, chamada de “terra sem história”, era vista por Cunha como um lugar contraditório: ao mesmo tempo em que os trabalhadores e seringueiros sofriam com o clima e o regime cruel de trabalho, o território representava simbolicamente um espaço aberto, construído e reconstruído constantemente pela ação desses pioneiros da floresta. Destaquei esse segundo aspecto como exemplo de uma imagem espacial que valorizava a invenção e a abertura da terra nova

brasileira. Tudo se passa como se o escritor, ao falar da Amazônia, estivesse escrevendo metaforicamente sobre o Brasil, uma nação ainda incompleta, mas jovem e desvinculada de uma história tradicional.

Percebe-se, portanto, que seus escritos sobre a Amazônia indicam outro retrato do Brasil, diferente do contido em *Os sertões*. Enquanto nesse livro o espaço era uma geografia isolada e antiga, povoada por um tipo étnico – o mestiço – rude e inadaptado à civilização moderna, naqueles textos o território amazônico era figurado como novo e em constante mutação, além de ser colonizado por homens adaptáveis, inventivos e disciplinados para o trabalho. Isso permitiu aproximar essa imagem construída pelo escritor da idéia americana de ‘fronteira’. Nos Estados Unidos, historiadores e escritores também viram na colonização de terras novas uma característica fundamental de um país jovem e em construção. A Amazônia euclidiana, no entanto, não se aproxima apenas da América e de seus pioneiros, mas também da Rússia! Surpreendente?

Em 1905, o escritor publicou um texto intitulado *A missão da Rússia*, onde louvava os russos como exemplo de um povo não-ocidental que teria conseguido se modernizar e usar suas formas de viver “bárbaras” para edificar uma civilização alternativa. Ora, aproximando essa imagem da Rússia do quadro amazônico analisado pelo escritor, percebe-se que são geografias com certas semelhanças. Afinal, em ambas existem homens rudes, fatalistas e religiosos, mas que conseguem se organizar a partir dessa condição retardatária. Do mesmo modo, tanto na Amazônia brasileira quanto nas estepes russas encontramos tipos sociais isolados em grandes espaços, trabalhando de forma dura e sofrida. Como se vê, a Amazônia analisada na obra euclidiana é uma terra nova, inventiva, e que se aproxima de sociedades distantes do modelo europeu tradicional. ▶



A força de uma terra fecunda

A terra também é associada simbolicamente a idéias de novidade e invenção na obra de Vicente Licínio Cardoso. O educador-engenheiro, um veemente adepto do americanismo, via nos Estados Unidos um exemplo do que chamava de “democratização pela terra”. Segundo ele, as sociedades americanas se diferenciavam das européias porque foram construídas a partir da ação enérgica de homens livres conquistando a terra e porque não tinham antigas tradições históricas. No Brasil, a “força da terra” agiria como uma espécie de agente transformador dos homens, abrindo horizontes e possibilitando novas formas de ação.

Em um ensaio dedicado ao rio São Francisco, Cardoso afirmava que a terra era o “grande esqueleto dos organismos sociais”, o elemento mais importante para entender as sociedades. Segundo ele, o Brasil teria sido construído através da marcha de homens pelos rios e caminhos do território, em uma ação inconsciente que produziu nossa centralização. Em outros escritos, sustentava que em sociedades periféricas, como a brasileira, o peso da geografia era maior, e produzia formas diferentes de organização social. Segundo Licínio, em territórios novos e vastos, distantes da Europa, a relação entre homem e espaço era muito mais forte e intensa, produzindo respostas e soluções também novas.

Curiosamente, ele não achava que a terra fosse uma imagem dissociada de características modernas. Em uma conferência feita em 1925, Cardoso afirmou que os brasileiros, diferentemente dos europeus, tinham uma inteligência prática, não oriunda de tradições e saberes historicamente enraizados.

Ele associou esse conjunto de habilidades modernas às características inconscientes da própria terra brasileira, tida como “fecunda” e propícia para o desenvolvimento dessas qualidades.

Assim como Euclides da Cunha, Vicente Licínio Cardoso tinha grande interesse pela Rússia e por seus escritores. Escreveu ensaios em que buscava comparar o Brasil com essa distante sociedade, destacando sempre o que chamava de “força da terra”, uma energia inconsciente de um povo ainda em formação. Segundo ele, o Brasil era uma sociedade em construção, caótica, às voltas com sua organização política e com a edificação de um Estado nacional. Embora partilhássemos com os russos o gosto pela imitação de costumes e modas européias – em especial francesas –, tínhamos também a possibilidade de inventarmos uma forma de sociedade mais autêntica e apaixonada.

Esse modo de pensar o espaço brasileiro indica que Cunha e Cardoso viam na terra uma potência associada à invenção. Longe de pensarem o Brasil simplesmente como portador de uma identidade ‘essencial’ e atemporal, esses dois engenheiros-escritores viam nosso país como um lugar em construção, incompleto, mas por isso mesmo desprovido de valores culturais originários que configurassem uma tradição sólida e irremovível. Sabemos hoje, no século 21, que um dos grandes problemas que afligem as sociedades no centro da Europa é o choque entre suas tradições nacionais e as novas culturas trazidas pelas ondas migratórias. Talvez as interpretações de Euclides da Cunha e Vicente Licínio Cardoso a respeito da nossa “terra” possam nos ajudar a montar um quebra-cabeças em que nosso país faça parte de uma nova geografia civilizatória, na qual os homens sejam capazes de se recriar com maior facilidade. Essa pode ser a promessa da ‘Rússia americana’.

SUGESTÕES PARA LEITURA

LIMA, N.T.

Um sertão chamado Brasil. Intelectuais e representações geográficas da identidade nacional. Rio de Janeiro, Revan, 1999.

MORAES, A.C.R.

Território e história no Brasil. São Paulo, Hucitec, 2002.

OLIVEIRA, L.L.

Americanos: representações da identidade nacional no Brasil e nos Estados Unidos. Belo Horizonte, Editora UFMG, 2000.

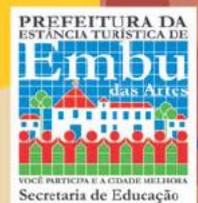


EMBU NA ONDA DO MAR

Conhecimento, aprendizagem e diversão

Centenas de professores e milhares de alunos, em uma verdadeira odisséia científica pelo litoral paulista realizada com o apoio de monitores, soldados do corpo de bombeiros, nutricionistas, profissionais da área médica e instrutores de educação física. Esse é o Embu na Onda do Mar, um dos maiores projetos de incentivo ao estudo de ciências já realizado na rede pública de ensino.

Realizado através da parceria entre a Prefeitura de Embu e o Instituto Ciência Hoje, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), o projeto Embu na Onda do Mar teve seu início em 2003. Desde então, aproximadamente 16 mil alunos das quartas séries das escolas municipais tiveram a oportunidade de visitar a baixada santista para fazer um estudo do meio e a partir de experiências empíricas, participar de aulas de ciências nos mangues, reservas florestais, praias e museus do litoral paulista.



EMAR



Em 1935, um artigo que tinha como um dos autores o físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955) revelou uma característica ‘fantasmagórica’ que pode estar presente em sistemas formados por diminutas entidades quânticas, como átomos, elétrons ou partículas de luz.

Essa propriedade, mais tarde denominada emaranhamento, possibilitava uma nova forma de transmissão instantânea de informação entre dois pontos do espaço, sem que houvesse troca de energia ou matéria. Assim, dois átomos que estivessem no estado emaranhado poderiam se influenciar mutuamente, mesmo se separados por distâncias astronômicas.

No início deste século, uma revelação impressionou a comunidade de físicos: o emaranhamento é o fenômeno que garante a velocidade extraordinária dos chamados computadores quânticos, que prometem resolver em segundos tarefas que levariam milhões de anos para um computador convencional.

Mesmo que hoje seja obtido corriqueiramente nos laboratórios do mundo, o emaranhamento ainda desafia a compreensão dos físicos.

Ivan S. Oliveira

Alexandre M. Souza

Roberto S. Sarthour

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)

Mário S. Reis

Centro de Investigação em Materiais

Cerâmicos e Compósitos (Ciceco)

Universidade de Aveiro (Aveiro, Portugal)

Diogo O. Soares-Pinto

CBPF e Universidade de Aveiro

ANHAMENTO

Um recurso computacional que desafia os físicos



Imagine duas caixas opacas e duas bolas de bilhar, uma preta e uma branca. De olhos vendados, coloca-se uma bola em cada caixa, que é então tampada, para que não se saiba qual bola está em qual caixa. Cada uma das caixas é entregue a uma pessoa, digamos aos amigos Beto e Alice. Ela não deve abrir sua caixa, mas ele poderá abrir a dele, depois de se distanciar de sua amiga.

Beto afasta-se de Alice, de forma que não haja comunicação entre eles. Beto, agora, pode abrir sua caixa para saber a cor da bola que está nela. Antes de abri-la, porém, tudo o que Beto sabe é que a probabilidade de ele encontrar a bola branca é de 50%, sendo essa a mesma probabilidade de encontrar a preta.

Beto abre a caixa e verifica que a bola que está com ele é a preta, concluindo que a branca está com Alice. Contudo, para Alice, que não pode abrir sua caixa, há 50% de chance de sua bola ser preta e 50% de ela ser branca. Mas, para Beto, a bola de Alice é branca, com 100% de certeza.

Assim, Beto, mesmo distante e incomunicável, obtém informação sobre o que está na caixa de Alice.

Correlação, informação e realismo

Esse exemplo simples de um experimento imaginado com objetos macroscópicos (bolas e caixas) encerra conceitos importantes em física:

i) o conceito de correlação: a cor da bola de Beto está correlacionada à cor da bola de Alice, pois só há duas bolas, uma preta e outra branca. Por causa dessa correlação, Beto pode concluir o que Alice encontraria ao abrir a caixa dela, mesmo estando distante de sua amiga;

ii) o conceito de informação: antes de abrir a caixa, Beto não tem qualquer conhecimento sobre a cor de sua bola. Ele só sabe que a probabilidade de encontrar uma bola preta ou branca é de 50%. Quando Beto abre sua caixa, passa a ter certeza de que a bola com Alice é branca, embora sua amiga continue pensando que pode estar tanto com a preta quanto com a branca. Ou seja, Beto obteve a informação sobre a bola de Alice, apenas observando a cor daquela que está com ele e, a menos que ele envie essa informação para Alice por algum meio físico (telefone, fax, correio eletrônico, carta etc.), ela continuará ignorando qual a cor da bola dela;

iii) finalmente, há o conceito de realismo: segundo essa idéia, as bolas com Beto e com Alice têm uma cor definida (ou preta, ou branca), ainda que as caixas jamais sejam abertas e nunca se olhe para as bolas.

Situação inusitada

Bolas e caixas são exemplos de objetos com um número incontável de átomos e moléculas ligados quimicamente entre si. Situações como a do experimento imaginado acima, envolvendo corpos macroscópicos, são bem descritas pelas leis usuais da probabilidade, as mesmas que regem um jogo de dados ou de cara ou coroa.

Agora, vamos imaginar uma situação tão interessante quanto inusitada: vamos abandonar a idéia de realismo. Ou seja, vamos supor que as bolas não tenham uma cor definida antes que as caixas sejam abertas. Com isso, a bola de Beto passa a ter uma cor apenas no momento em que ele abre a caixa e olha para ela. Suponha, como antes, que Beto abra a sua caixa e verifique que a bola nela é a preta.

O que acontece com a bola de Alice?

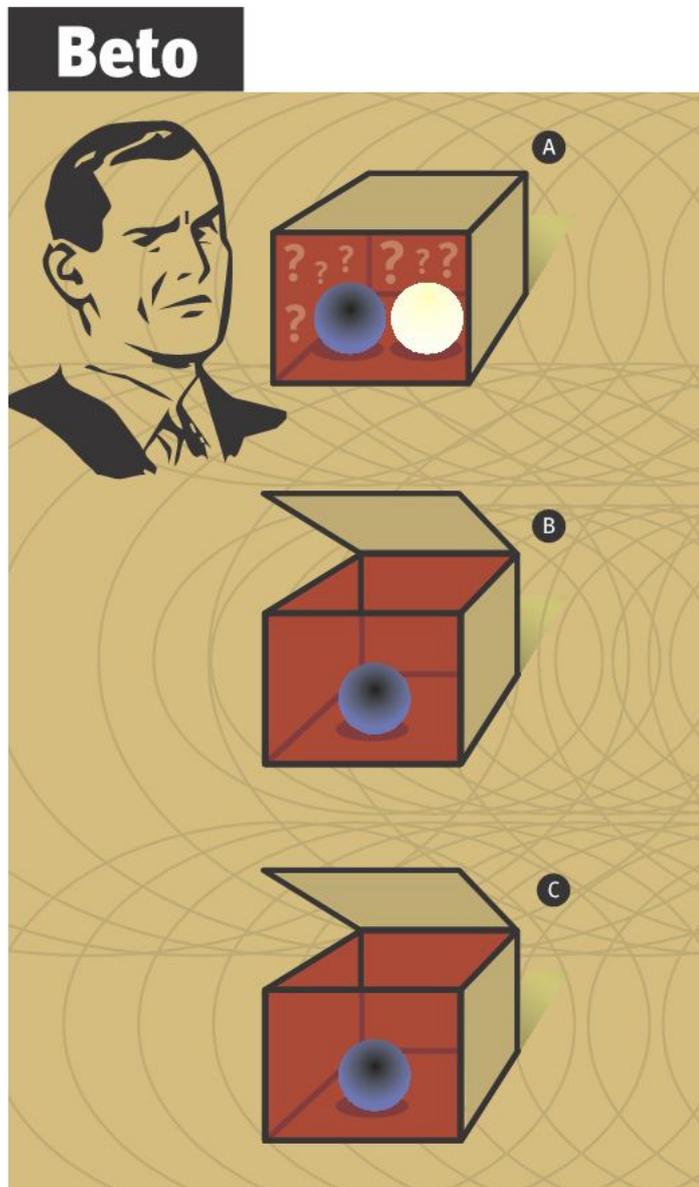
Ora, como Beto encontrou a 'preta', e só há duas cores possíveis, ele conclui que a bola com Alice é branca. Mas, como a caixa de Alice não foi aberta, a bola nela não poderia ter uma cor definida, pois abandonamos a hipótese de realismo *a priori*... a menos que o ato de Beto observar a cor da bola em sua caixa tenha influenciado, de alguma forma, a cor da bola de Alice. Mas, estando Beto e Alice remotamente separados um do outro, como essa influência poderia ser possível?

Que confusão!

Parece que não podemos abandonar a hipótese do realismo, mas...

Admirável mundo quântico

Mas é isso que acontece no mundo quântico, ou seja, nas dimensões dos átomos, elétrons, fótons (partículas de luz) etc. Nesse diminuto universo, é possível criar situações em que a observação de uma

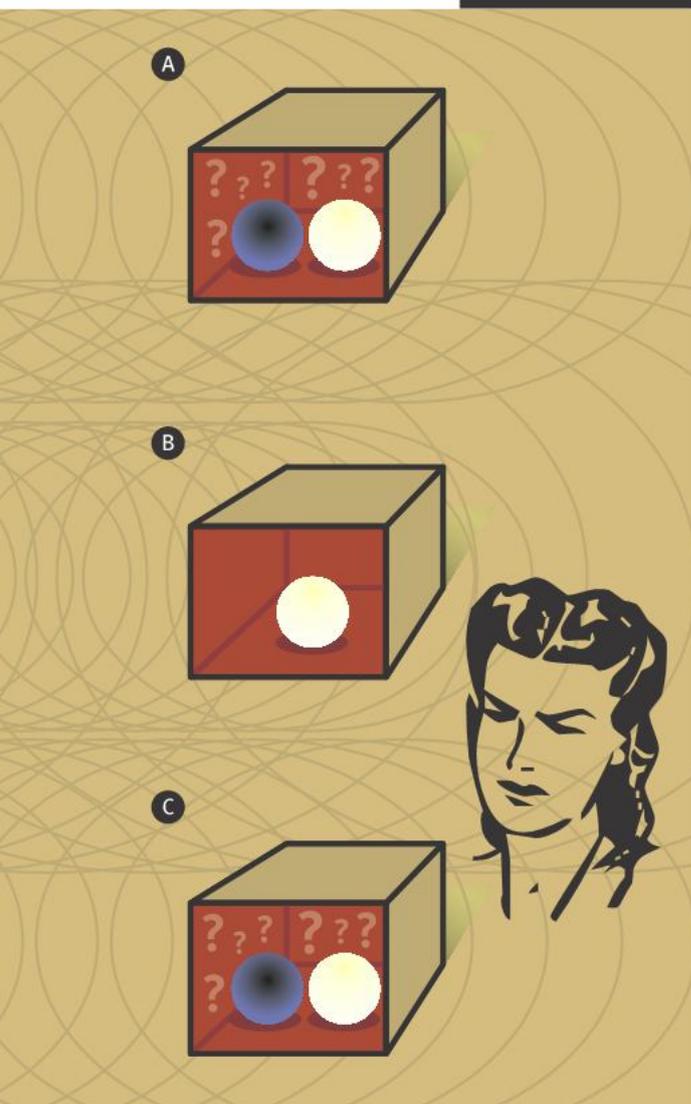


propriedade física de um objeto (como a velocidade de um elétron) influencie outra propriedade física de um objeto distante do primeiro (como a posição de um outro elétron). Esse fenômeno é chamado pelos físicos de não-localidade.

Para que a não-localidade seja observada em um experimento de laboratório, é preciso que os constituintes do sistema físico em questão (por exemplo, dois fótons, dois elétrons etc.) estejam em um estado quântico chamado estado 'emaranhado'. Esse termo (do alemão, *Verschränkung*) foi cunhado pelo físico austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961) em 1935, em um artigo em que ele analisava a questão da não-localidade. Quando duas ou mais partículas encontram-se emaranhadas, elas comportam-se como se fossem um único objeto indissociável, mesmo quando distantes umas das outras.

Em nosso exemplo, se as bolas fossem objetos quânticos emaranhados, antes de Beto abrir sua cai-

Alice



xa, a bola nela não seria nem preta, nem branca. Ela se tornaria preta ou branca apenas no momento em que a caixa fosse aberta, e a bola fosse observada. E, nesse momento, a cor da bola de Alice também seria definida. Mas a informação sobre a cor da bola de Alice permaneceria só com Beto, a menos que este use um meio clássico de comunicação (carta, fax, telefone, correio eletrônico etc.) para informar Alice sobre a cor da bola que está com ele (figura 1).

Ação fantasmagórica

Einstein foi o maior opositor da mecânica quântica, uma teoria que se desenvolveu principalmente na década de 1920 e que lida com os fenômenos que ocorrem em nível atômico e subatômico. Apesar de ter proposto a ideia do emaranhamento, em artigo de 1935, escrito em co-autoria com dois outros físicos, Boris Podolski (1896-1966) e Nathan Rosen (1909-

Figura 1. Dois efeitos quânticos correlatos: a superposição de estados e o emaranhamento. Cada uma das duas caixas fechadas contém uma bola, que pode ser branca ou preta. Em A, antes que as caixas sejam abertas, as bolas não têm cor definida, estando em uma 'superposição' de preto com branco, como se tivessem as duas cores ao mesmo tempo. Em B, a cor de cada bola só se define no momento em que a caixa for aberta. Além disso, se as bolas estiverem emaranhadas, a observação da cor de uma delas afetaria a cor da bola na outra caixa. Em C, caso as bolas não estejam em um estado emaranhado, a observação da cor de uma das bolas não afeta a cor da outra, que continua em uma superposição das duas cores. Esses fenômenos não ocorrem com objetos macroscópicos, como bolas de bilhar, por exemplo, mas já foram observados inúmeras vezes em laboratórios de física em experimentos com partículas quânticas, como átomos, elétrons, fótons etc.

1995), Einstein nunca acreditou na realidade física desse fenômeno, em função da estranheza com que via essa "fantasmagórica ação a distância" (palavras dele) entre dois objetos quânticos. Chegou a dizer que a mecânica quântica deveria ser abandonada, pois levaria à parapsicologia! Para ele, essa teoria era "matemática com magia negra".

No entanto, até o ano da morte de Einstein (1955), não havia condições experimentais para se testar em laboratório se sistemas quânticos reais exibem, de fato, as estranhas propriedades do emaranhamento, pois nesses experimentos é preciso manipular átomos e outras partículas quânticas individualmente. Essas condições só começaram a surgir no final da década de 1970. De lá para cá, incontáveis experimentos têm confirmado as previsões da mecânica quântica sobre os estados emaranhados, inclusive aquela fantasmagórica influência de um corpo sobre outro, distante do primeiro.

Foi no início da década de 1980 quando começaram a surgir as primeiras ideias de se utilizar fenômenos quânticos para fins computacionais, dando início à área de pesquisa conhecida como computação quântica (ver 'Computação quântica: manipulando a informação oculta do mundo quântico', em *CH* nº 193).

Algoritmo de Shor

A computação quântica estuda os fenômenos quânticos para fins computacionais, o que basicamente significa desenvolver algoritmos de cálculos para resolver problemas matemáticos complexos (para nossos propósitos aqui, podemos pensar em um algoritmo como uma seqüência lógica de tarefas realizadas passo a passo). Um desses algoritmos, até agora considerado o mais importante de todos, foi descoberto em 1993 por Peter Shor, pesquisador dos Laboratórios Bell (Estados Unidos). Shor inventou um algoritmo quântico para fatorar números grandes. ▶

Fatorar um número significa escrevê-lo como um produto de números primos. Por exemplo, $15 = 3 \times 5$; $231 = 3 \times 7 \times 11$. Enquanto o produto de números é considerado uma tarefa computacionalmente simples, a fatoração é muito trabalhosa e complicada. Exemplo: quanto tempo o leitor imagina que um computador usual, como um PC, precisaria para descobrir que o número

114.381.625.757.888.867.669.235.779.976.146.
612.010.218.296.721.242.362.562.561.842.935.706.
935.245.733.897.830.597.123.563.958.705.058.989.
075.147.599.290.026.879.543.541

é igual ao produto de

3.490.529.510.847.650.949.147.849.619.903.
898.133.417.764.638.493.387.843.990.820.577

por

32.769.132.993.266.709.549.961.988.190.834.
461.413.177.642.967.992.942.539.798.288.533?

A resposta é surpreendente: esse número, conhecido como RSA 129, foi fatorado em abril de 1994 por uma equipe de cientistas liderada por Derek Atkins, Michael Graff, Arjen Lenstra e Paul Leyland, usando cerca de 600 computadores conectados pela internet. Agora, vem o melhor: um computador quântico, executando o algoritmo de Shor, não levaria mais que uns poucos segundos para encontrar a resposta.

O maior número fatorado até o momento foi o RSA 640, com 193 dígitos. A tarefa foi realizada por cientistas alemães em maio de 2005 e levou cinco

meses de processamento em um único computador. Outros números estão propostos no sítio da internet http://en.wikipedia.org/wiki/RSA_numbers. Prêmios em dinheiro são oferecidos para quem conseguir fatorá-los.

Emaranhamento na prática

Em 2001, foi descoberto por que os algoritmos quânticos são tão mais velozes que os clássicos (ou seja, algoritmos que são executados por computadores usuais). Resposta: o emaranhamento. Portanto, esse fenômeno é um recurso computacional responsável pelo aumento da velocidade de processamento dos computadores quânticos. É possível aumentar ou diminuir a quantidade de emaranhamento, tanto quanto o espaço de memória ou qualquer outro recurso físico dos computadores.

Além de aumentar a velocidade de processamento dos computadores quânticos, o emaranhamento tem outras aplicações conhecidas (e acredita-se que a lista de aplicações esteja longe de ser esgotada):

i) enviar *bits* (o *bit*, do inglês *binary digit*, ou dígito binário, é a unidade de informação) de um ponto a outro, com eficiência maior que aquela das redes clássicas de comunicação (como a internet);

ii) mandar mensagens secretas de forma 100% segura, um novo campo denominado criptografia quântica. Exemplo simples: cria-se um par emaranhado de partículas, fica-se com uma delas, enquanto

a outra é enviada ao destinatário, carregando a informação secreta que se quer transmitir; caso esta última seja interceptada antes de chegar ao destino final, o emissor e o receptor ficarão sabendo e tomarão as medidas necessárias. Esse recurso, empregando fótons, já está sendo usado, em caráter experimental, por bancos;

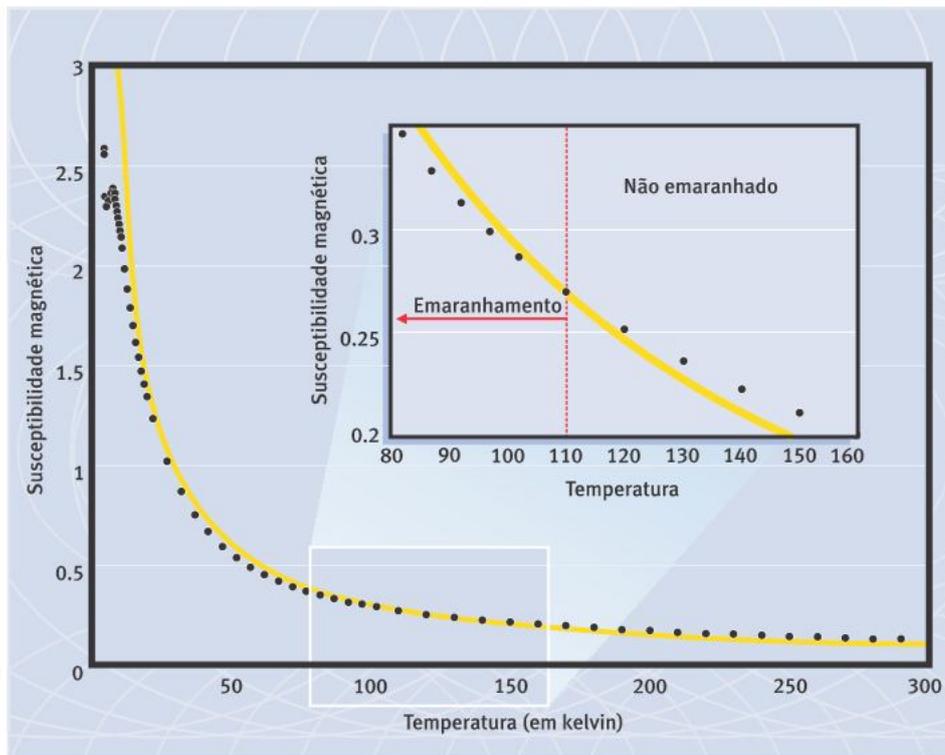


Figura 2. Susceptibilidade magnética medida no composto $\text{Na}_2\text{Cu}_5\text{Si}_4\text{O}_{14}$ em função da temperatura. A curva contínua (em amarelo) representa a região limítrofe. Abaixo dela, o sistema está emaranhado. Os pontos (pretos) representam a susceptibilidade magnética medida no material. No destaque, no qual uma região do gráfico foi ampliada, é possível ver que, para temperaturas inferiores a cerca de 110 kelvin, o sistema encontra-se emaranhado

iii) ser a base para a mais exótica forma de comunicação: o teleporte (por vezes, chamado teletransporte). Nesse fenômeno, a informação sobre o estado quântico de um objeto (por exemplo, um átomo) viaja de um ponto a outro do espaço, sem que haja transporte de matéria ou energia, mas apenas de informação (ver 'Teletransporte com átomos', em *CH* n° 207).

Tudo isso graças ao emaranhamento.

Princípio da exclusão

A partir de 2001, começaram a surgir novas idéias sobre emaranhamento, dessa vez não ligadas a sistemas físicos, como átomos ou elétrons, mas à matéria macroscópica. Estamos falando de sistemas contendo um número incontável de átomos e elétrons ligados entre si e em equilíbrio térmico (ou seja, à mesma temperatura).

Vale lembrar aqui que os fenômenos quânticos que ocorrem com átomos e elétrons refletem-se nas propriedades da matéria macroscópica (nem poderia ser de outra forma). Por exemplo, o chamado princípio de exclusão de Pauli, que aprendemos nas aulas de química do Ensino Médio, afirma que dois elétrons não podem estar no mesmo estado quântico ao mesmo tempo. Esse é o princípio por trás dos tipos de ligações químicas que ocorrem entre átomos, e, se ele não existisse, não existiriam objetos macroscópicos, nem mesmo a vida.

Reação ao campo

O que se começou a investigar a partir de 2001 foram as manifestações do emaranhamento em sistemas macroscópicos, como materiais magnéticos, semelhantes a ímãs. Para isso, investigam-se propriedades físicas desses objetos que são sensíveis ao emaranhamento. Por exemplo, qualquer material magnético tem uma propriedade chamada susceptibilidade magnética. Definida de modo simples e conciso, podemos dizer que essa grandeza mede a 'reação' (ou resposta) do material à ação de um campo magnético aplicado sobre ele. Quanto maior a susceptibilidade, maior a 'reação' magnética.

A susceptibilidade magnética é uma grandeza sensível ao emaranhamento, pois seu valor muda caso haja emaranhamento entre os constituintes fundamentais do magnetismo, que são os *spins* dos átomos que formam o material (podemos pensar nos *spins* como a propriedade que faz os átomos se comportarem como diminutas bússolas). Quando um material magnético é sujeito à ação de um campo magnético, os *spins* tendem a apontar na direção do campo ou na direção contrária a ele, como minúsculas bússolas apontando todas para o Norte, ou todas para o Sul.

Comportamento macroscópico

Um ponto importante a lembrar: o *spin* é uma propriedade quântica. Portanto, isso faz com que essa 'agulha' atômica possa apontar nas duas direções simultaneamente, em uma situação equivalente à de a bola ser ao mesmo tempo preta e branca. Além disso, *spins* podem ser emaranhados uns com os outros. Nesse caso, a observação da direção de um *spin* afeta a direção do outro. E essa propriedade reflete-se na susceptibilidade magnética do material.

Assim, estudando-se a susceptibilidade magnética em função da temperatura do material (ou da intensidade do campo magnético aplicado sobre ele), pode-se observar o comportamento do emaranhamento em um sistema físico macroscópico. Um exemplo desses está na figura 2, que mostra a variação da susceptibilidade magnética de um composto formado por quatro elementos químicos ($\text{Na}_2\text{Cu}_5\text{Si}_4\text{O}_{14}$) em função de sua temperatura. A curva contínua (em amarelo) representa a região limítrofe, abaixo da qual o sistema encontra-se emaranhado (ou seja, os *spins* dos átomos dessa grande molécula estão emaranhados). Os pontos (em preto) representam a susceptibilidade magnética medida no material (os *spins*, no caso, pertencem aos átomos de cobre).

Vê-se no destaque da figura 2 que, a temperaturas inferiores a cerca de 110 kelvin, o sistema encontra-se emaranhado (note que, nessa região, os pontos pretos estão abaixo da curva). É claro que, nesse caso, não se podem observar os efeitos da não-localidade (ou seja, aquela ação a distância típica do estado emaranhado), pois os átomos estão ligados quimicamente entre si (e não há como separá-los sem destruir o emaranhamento). Mas, em outros experimentos (com fótons emaranhados, por exemplo), hoje corriqueiros em vários laboratórios do mundo (inclusive no Brasil), a não-localidade e suas conseqüências ficam bem evidenciadas.

Nova revolução

O emaranhamento é um fenômeno notável, pois está, ao mesmo tempo, ligado a questões fundamentais de natureza filosófica até hoje não resolvidas pela física, bem como a aspectos tecnológicos que podem levar em um futuro próximo a uma nova revolução na computação e nas comunicações. Não deixa de ser surpreendente que essa grandeza, com características "fantasmagóricas", como definiu Einstein, seja tanto um poderoso recurso natural para os computadores quânticos quanto uma propriedade presente em fenômenos corriqueiros, como é o caso do magnetismo dos materiais.

Certamente, os próximos anos revelarão novas surpresas sobre o emaranhamento. ■

SUGESTÕES PARA LEITURA

- OLIVEIRA, I. S. *Física moderna para iniciados, interessados e aficionados*. São Paulo: Editora Livraria da Física (2005).
- NIELSEN, M. A.; CHUANG, I. L. *Computação quântica e informação quântica*. São Paulo: Bookman (2005).
- RAPPAPORT, T. G.; GHIVELDER, L.; FERNANDES, J. C.; GUIMARÃES, R. B.; CONTINENTINO, M. A. 'Experimental observation of quantum entanglement in low-dimensional spin systems'. *Physical Review B* 75 054422 (2007).
- SOUZA, A. M., REIS, M. S., SOARES-PINTO, D. O., OLIVEIRA, I. S., SARTHOUR, R. S. 'Experimental determination of thermal entanglement in spin clusters using magnetic susceptibility measurements'. *Physical Review B* v. 77, 104402 (2008).
- SCHRÖDINGER E. 'Discussion of probability relations between separated systems'. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 31, 555-563 [2], (1935).
- OLIVEIRA, I. S. (ed. cient.). *Informação quântica – do teleporte à última fronteira da computação*. Rio de Janeiro: CBPF (2006). Disponível em formato PDF na página do projeto de divulgação científica 'Desafios da Física': <http://mesonpi.cat.cbpf.br/desafios/>

A história dos medicamentos mostra que o estudo das características físico-químicas das diferentes substâncias é fundamental na formulação de fármacos mais eficazes contra as doenças humanas. Essa é uma das tarefas da química medicinal, ramo da ciência que recebe relevantes contribuições desde o trabalho de Hipócrates, o 'pai' da medicina, na antiga Grécia. Em tempos recentes, destacam-se as pesquisas sobre a afinidade de compostos químicos com componentes gordurosos das células humanas (propriedade denominada lipofilia) e sobre as relações quantitativas entre a estrutura dos compostos e sua atividade biológica. A lipofilia, hoje, é uma propriedade de grande importância para o planejamento de futuros fármacos.

Luciano José Nogueira,

Andrei Leitão e Claudio Luís Donnici

Núcleo de Estudos

em Química Medicinal (Nequim),

Departamento de Química,

Universidade Federal de Minas Gerais

Isabel Cristina Sales Fontes Jardim

Instituto de Química,

Universidade Estadual de Campinas

Quézia Bezerra Cass

Departamento de Química,

Universidade Federal de São Carlos

Carlos Alberto Montanari

Instituto de Química de São Carlos,

Universidade de São Paulo

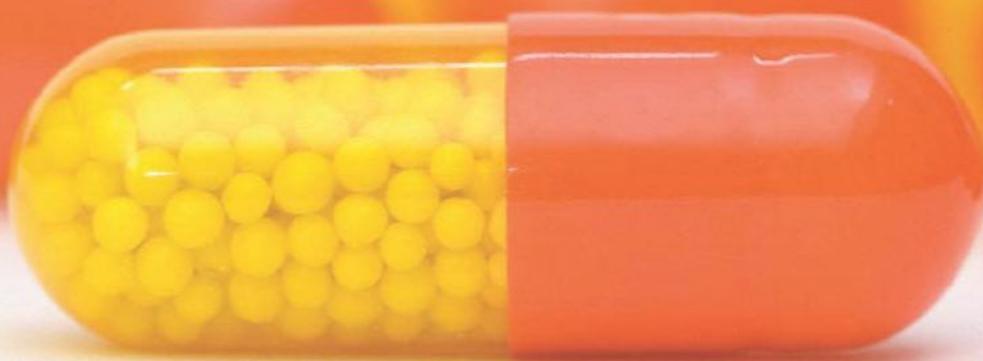
De óleos e

O desenvolvimento de

A busca por tratamento e cura das doenças que afligem a humanidade é tão antiga quanto a própria história da vida humana. Desde os primórdios da civilização, os povos indígenas vêm obtendo alívio para suas feridas com o uso de óleos naturais, e esse conhecimento primitivo, mantido e passado às novas gerações por 'raizeiros', talvez os primeiros farmacêuticos, e por feiticeiros (ou xamãs) foi a base inicial para o desenvolvimento de medicamentos rudimentares.

Passados milhares de anos, com os conhecimentos acumulados por herbalistas, alquimistas, médicos e pesquisadores (estes após a chamada revolução científica), surgiu no século passado a química medicinal, que investiga as características e propriedades químicas dos fármacos visando obter formulações mais eficazes. Nesse campo, a identificação e o estudo aprofundado das propriedades lipofílicas de óleos e unguentos – que implicam maior facilidade na absorção e no transporte dessas substâncias no organismo – permitiu a descoberta de

ungüentos aos fármacos modernos



medicamentos e a evolução da química medicinal

vários novos medicamentos de valor inestimável para a humanidade.

Na China antiga, desde os séculos 29, 28 e 27 a.C., época em que teriam vivido os imperadores mitológicos Fu Hsi, Shen Nung e Huang Ti, que lançaram os princípios da medicina chinesa e estudaram plantas medicinais, os relatos sobre o combate às doenças enfocam três tipos de tratamento. O primeiro é o cósmico, ou seja, a reeducação energética pelo uso de energias 'cósmicas' (solar, térmica, ar, clima) e 'telúricas' (terra, água). O segundo é o anímico: o uso de massagens (do tipo *Do-in* – em chinês, *Tui-ah* ou *Tuinah*), ginásticas com movimentos rítmicos (*Tai Chi Chuan*) e meditação profunda. O terceiro é o medicamentoso, ou seja, a alimentação natural e o uso de ervas naturais terapêuticas.

O progresso da terapêutica chinesa é espantoso, pois no século 2 da era atual o herbalista Chang Chung-Ching (150-219), considerado o Hipócrates chinês, já tinha escrito 222 ensaios, 397 notas e 113 prescrições. Cinco séculos depois, o estudo de animais e plantas rendeu uma lista conhecida como '500 remédios de ouro'. Em 2004,

pesquisadores da Universidade de Pequim (China) demonstraram que em 19 dos medicamentos dessa lista é importante a influência de propriedades físico-químicas, como a lipofilia, tema deste artigo.

Ainda na Antigüidade – na Índia, no Egito e na Grécia – já era conhecido o uso de diversos óleos viscosos para o tratamento de doenças. Grandes nomes da história da ciência, como o filósofo e médico Hipócrates de Cós (460-377 a.C.); os gregos, também médicos, Pedanius Dioscórides (40-90) e Claudius Galeno (129-216), este tido como o 'pai da farmácia'; o alquimista, médico e astrólogo suíço Phillipus Theophrastus von Hohenheim (1493-1541), conhecido como Paracelsus; e o médico e químico flamengo Jan Baptist van Helmont (1579-1644), entre outros, interessaram-se pelas propriedades terapêuticas de óleos e unguentos e verificaram como a maior oleosidade (ou lipofilia) dos remédios, ou o uso de mel ou cera como ligamentos, melhoravam sua absorção. Vale destacar que muitos medicamentos desenvolvidos na Antigüidade ainda são usados popularmente em vários lugares do mundo, e alguns até pela medicina convencional. ▶



Figura 1. O médico alemão Paul Ehrlich (1854-1915) lançou as bases da quimioterapia, ou seja, o uso de medicamentos para combater um organismo invasor, sem prejudicar o hospedeiro

O desenvolvimento de medicamentos para o tratamento de doenças era feito, até o final da Idade Média, pelos alquimistas, indivíduos aos quais eram atribuídos poderes místicos e que usavam diversos processos químicos, buscando transmutar metais inferiores em ouro e obter um remédio universal, o 'elixir da longa vida'. No Renascimento, após o século 14, uma grande contribuição ao planejamento de medicamentos foi a do médico e alquimista Paracelsus. Ele defendia que cada doença específica deveria ser tratada por um tipo de medicamento e que a dose certa define se uma substância química é um remédio ou um veneno.

O nascimento da quimioterapia

Apenas no final do século 19, com os trabalhos do cientista alemão Paul Ehrlich (1854-1915) (figura 1), nasce a quimioterapia, definida como "o uso de fármacos para combater um organismo invasor, sem prejudicar o hospedeiro". Ehrlich, premiado com o Nobel de Medicina em 1908, estudou o ácido para-amino-arsênico (ou atoxyl) no início do século passado. Essa molécula era usada na época no tratamento da sífilis e da doença de Chagas, mas apresentava alta toxicidade. A partir dela, Ehrlich desenvolveu mais de 600 derivados e, após os testes necessários, muitos deram origem a fármacos usados clinicamente.

Na mesma época, entre 1887 e 1899, o biólogo inglês Charles E. Overton (1865-1933) e o médico prussiano Hans H. Meyer (1853-1939), de modo independente, realizaram estudos pioneiros sobre a influência da lipofilia na atividade dos fármacos. Overton, por exemplo, mostrou que o efeito narcótico de certas substâncias está associado às mudanças físicas que provocam nos componentes lipídicos (moléculas de gordura) de membranas e de outras estruturas das células. Segundo historiadores, porém, o primeiro a relatar (em 1893) que o efeito narcótico de alguns compostos orgânicos é inversamente proporcional a sua solubilidade na água foi o fisiologista francês Charles R. Richet (1850-1935), premiado com o Nobel de Medicina em 1913.

Em 1948, começou a ser usada a lidocaína (Xilocaína), desenvolvida pelos farmacêuticos suecos Nils Löfgren (1915-1967) e Bengt Lundqvist (1906-1952), da empresa Astra. Essa substância é um dos anestésicos locais mais usados no mundo. Löfgren também destacou o papel da lipofilia na atividade de agentes anestésicos locais e apontou que a estrutura de um composto estava relacionada a sua atividade biológica. A classificação dos anestésicos – que leva o nome desse pesquisador – diz que anestésicos locais devem ter em sua estrutura uma parte hidrofílica, uma cadeia intermediária (que faz a 'ponte' entre as outras duas) e uma parte lipofílica (figura 2). A parte hidrofílica é a responsável pela solubilidade em água e a lipofílica, não solúvel em água, auxilia o transporte da substância através das moléculas de gordura das membranas das células, facilitando sua absorção. Substâncias com essa estrutura têm a forma e o tamanho adequados para que, após a absorção, desencadeiem o efeito anestésico.

Afinidade com lipídios

Vimos que no período pré-científico já se observava a importância do uso de substâncias oleosas para tratar doenças. Tais substâncias podem ser chamadas hoje de lipofílicas – em grego, *lipo* significa algo como 'gorduroso' ou 'oleoso', e *phylis* pode ser traduzido como 'afinidade'. É possível medir a lipofilia por meio da divisão do valor de solubilidade de uma substância na água pelo valor de sua solubilidade em um meio lipofílico (em geral, um solvente orgânico que não se mistura com a água).

Assim, moléculas lipofílicas são aquelas mais solúveis em substâncias líquidas oleosas, ou insolúveis na água. Atualmente, o termo lipofilia designa, segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada (Iupac, na sigla em inglês), a "representação da afinidade de uma molécula, ou de um fragmento, por ambientes lipofílicos".

Como Löfgren constatou, também é possível avaliar a lipofilia em nível molecular, já que as moléculas de um fármaco são mais ou menos lipofílicas e mesmo pequenas diferenças estruturais podem acarretar grandes variações em sua atividade. Um exemplo da influência da lipofilia na disponibilidade do medicamento no organismo é a diferença observada em dois fármacos modernos muito usados para combater a insuficiência cardíaca: digoxina (presente nos fármacos Lanoxin ou Digoxan) e digitoxina (presente no Digimerck). Esses dois compostos têm estruturas quase idênticas (figura 3). A única diferença entre eles é a presença, na digoxina, de um grupo químico hidroxila (OH) onde o outro composto tem apenas um átomo de hidrogênio (H). Essa pequena mudança gera diferenças na absorção de cada um

no trato gastrointestinal e em sua metabolização pelo organismo. No caso da digoxina, 100% do que é ingerido é absorvido, percentual que cai para 70% para a digitoxina. Além disso, a digoxina é processada lentamente e a eliminação de 50% do total ingerido demora 144 horas (padrão chamado de 'meia-vida' do fármaco), enquanto a metade da digitoxina ingerida é eliminada em apenas 38 horas.

A possibilidade de medir experimentalmente a lipofilia em laboratório, a partir da avaliação da diferença de solubilidade da substância estudada em água e em octanol (solvente orgânico comum, insolúvel na água), foi descoberta pelo químico norte-americano Corwin Hansch (figura 4). Essa medição permite obter um valor numérico denominado coeficiente de partição (ou 'logP'): quanto maior o valor de logP, maior a lipofilia do composto. O coeficiente de partição revelou-se adequado para estudos sobre a atividade biológica de diferentes substâncias, iniciando uma revolução na química medicinal. No caso da digoxina e da digitoxina, a divergência nos valores do coeficiente de partição (0,9 para a primeira e 2,4 para a segunda) reflete e explica as diferenças de absorção e metabolização.

Um pioneiro da nova era

Hansch obteve, a partir de 1964, as primeiras comprovações científicas da influência da lipofilia no processo de transporte de fármacos, confirmando e ampliando os estudos pioneiros de Löfgren. A estrutura geral de uma molécula, segundo esse químico, pode ser dividida em partes e a lipofilia total é avaliada pela somatória dessas subunidades. Com seu trabalho, Hansch demonstrou ser possível estudar variações estruturais dos compostos do ponto de vista teórico-computacional, ou seja, pode-se calcular e prever o valor de logP (nesse caso chamado de logPx) de uma nova molécula considerando cada uma de suas partes (ou cada nova parte, em compostos derivados) como elementos independentes. Assim, tendo-se o logP de cada parte, obtém-se uma soma preliminar que revela o logPx do conjunto dessa molécula.

Assim, em um exemplo simples, o valor de logPx (0,49) do analgésico paracetamol ou acetaminofen (Tylenol) é calculado a partir do valor experimental de logP do anel benzênico (formado por seis átomos de carbono) e dos valores para as partes adicionais de sua molécula (os grupos químicos -OH e -NHCOCH₃) (figura 5). A proximidade entre esse valor preliminar e o obtido experimentalmente para o analgésico (0,46) confirma a alta confiabilidade do método e revela que é viável prever certas propriedades físico-químicas (como a lipofilia) de novas moléculas antes mesmo que sejam sintetizadas.

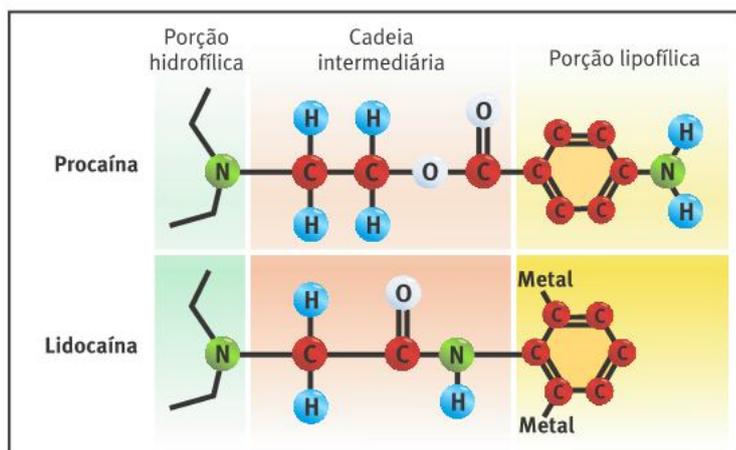


Figura 2. A estrutura de um anestésico local, segundo a classificação do farmacêutico sueco Nils Löfgren, inclui uma parte hidrofílica (à esquerda), responsável pela solubilidade em água, uma parte lipofílica (à direita), não solúvel em água e com afinidade por moléculas lipídicas (de gordura), e uma cadeia intermediária, que liga as outras partes. Essa estrutura facilita a absorção da molécula pelo organismo e sua penetração nas células, onde desencadeará o efeito terapêutico

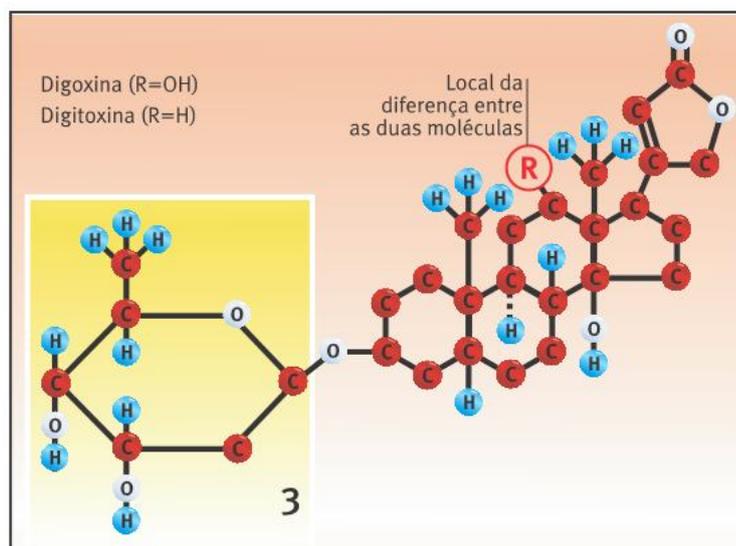
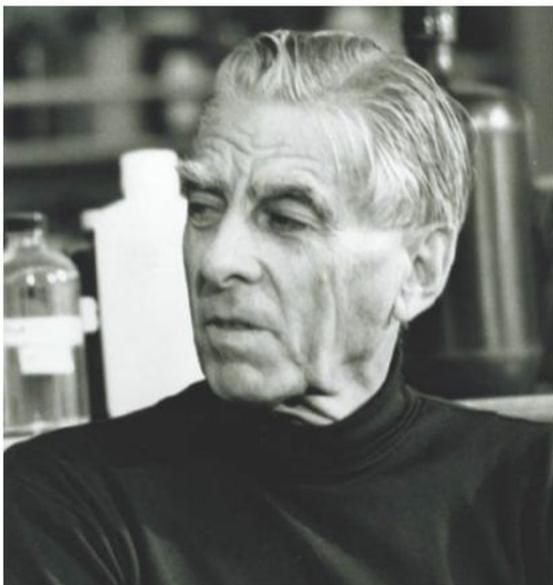


Figura 3. A digoxina, presente nos fármacos Lanoxin e Digoxan, e a digitoxina, presente no Digimerck, são compostos quase idênticos. A pequena diferença entre eles está no radical 'R' (em vermelho): na digoxina esse radical é o grupo hidroxila (OH, ou seja, um átomo de oxigênio e um de hidrogênio) e na digitoxina é apenas um átomo de hidrogênio (H). Essa pequena alteração provoca grande variação na absorção e na metabolização dos medicamentos

Além disso, Hansch descobriu algo mais importante: que, em muitos casos, se pode não só entender a influência direta da lipofilia (ou do valor de logP) sobre a atividade farmacológica, mas também relacionar essa propriedade com a atividade biológica por meio de equações matemáticas e tratamento estatístico. Com isso, a atividade ou não de um novo fármaco a ser estudado (desde que esta dependa da lipofilia) pode ser avaliada, teoricamente, antes do início das pesquisas experimentais. O 'método de análise de Hansch', ▶



portanto, permite antecipar propriedades de compostos ainda inéditos, saltando etapas no planejamento de novos fármacos.

O impacto científico desse trabalho foi enorme na área. Hansch tornou-se conhecido como o pioneiro da nova era na química medicinal: a 'era QSAR' (sigla em inglês para 'relação quantitativa entre estrutura e atividade'), ou seja, o estudo da atividade farmacológica por meio da quantificação das relações entre a estrutura química das moléculas e sua atividade biológica. Assim, qualquer variação estrutural induzida em um fármaco pode ser estudada matematicamente (sem experimentos científicos demorados e de alto custo), avaliando-se as diferenças nas propriedades físico-químicas resultantes dessa variação e, em consequência, na atuação terapêutica do composto. Assim, não é mais realizada a busca aleatória (por

Figura 4. O químico norte-americano Corwin Hansch iniciou há cerca de 40 anos uma revolução na química medicinal. Ele descobriu ser possível medir a lipofilia em laboratório, a partir da avaliação da diferença de solubilidade da substância estudada em água e em um solvente orgânico insolúvel, obtendo-se assim um valor numérico (o 'coeficiente de partição') que permite 'deduzir' como será a atividade biológica de uma substância, evitando longos estudos experimentais

exemplo, testes com milhares de substâncias para encontrar uma com os efeitos desejados) e os cientistas não dependem mais do achado fortuito de novos medicamentos, como aconteceu muitas vezes com os pioneiros da química e da medicina (ver 'O desenvolvimento racional de fármacos', em *CH* nº 235).

A lipofilia é uma das características físico-químicas mais importantes para o estudo e o planejamento de fármacos. Esse parâmetro é fundamental para entender o quanto o fármaco ficará insolúvel no meio aquoso extracelular ou retido nos tecidos celulares, em que medida ele penetrará nos tecidos (em termos científicos, sua biodisponibilidade e permeabilidade) e mesmo qual a sua toxicidade para o organismo. A influência da lipofilia já foi estudada em fármacos com as mais variadas atividades farmacológicas, como os usados para tratamento da dor, de convulsões, da ansiedade e de doenças como as causadas por fungos, vírus, inflamações e tumores.

Planejando fármacos

O avanço das técnicas de computação aplicadas à química e das técnicas de modelagem molecular trouxe grande variedade de metodologias para a avaliação detalhada da interação entre o medicamento e o sítio receptor/enzima do organismo ao qual ele se ligará, gerando o efeito farmacológico esperado. Assim, a moderna química medicinal torna possível, com base nos estudos de relações entre a estrutura química de uma determinada molécula ou grupo delas e sua atividade farmacológica, propor e validar modelos matemáticos que 'deduzem' como será a atuação de um dado composto, o que leva à descoberta de novos medicamentos com eficiência e rapidez.

Na história do desenvolvimento racional de fármacos destaca-se a descoberta, em 1972, por um grupo de pesquisadores da empresa britânica SmithKline & French, da cimetidina (ou Tagamet). Esse achado é

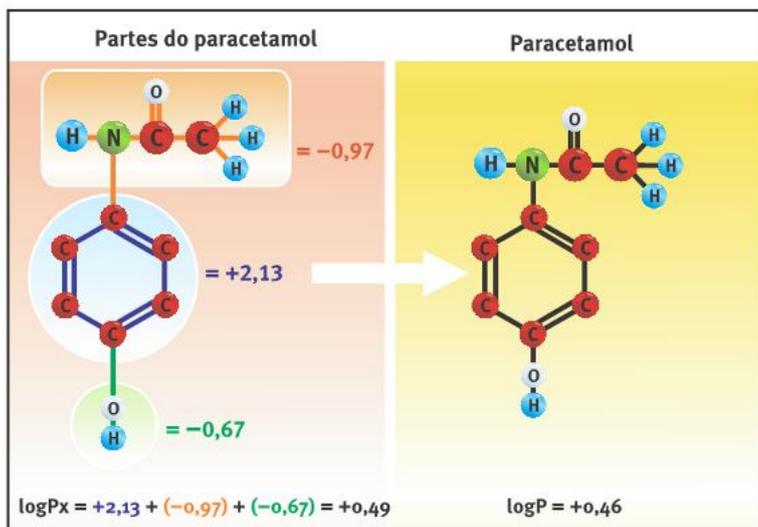


Figura 5. Cálculo do coeficiente de partição do paracetamol a partir das diferentes partes de sua molécula (à esquerda). A soma dos valores de cada uma das três partes ($\log P_x = +0,49$) é semelhante ao valor encontrado experimentalmente para o conjunto da molécula ($\log P = +0,46$)

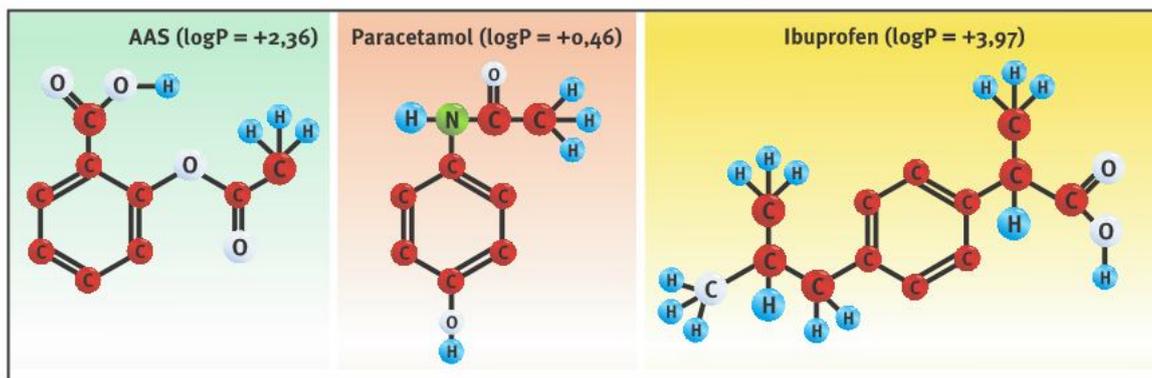


Figura 8. Um exemplo da relação entre a estrutura das moléculas de fármacos e o valor da lipofilia (logP) pode ser dado com as substâncias presentes nos analgésicos comumente utilizados pela população. As diferenças entre as moléculas do ácido acetilsalicílico, do paracetamol e do Ibuprofen refletem-se no valor da lipofilia e em algumas de suas propriedades

considerado como um marco na história da química medicinal, pois a molécula foi totalmente planejada, sintetizada e desenvolvida com base na associação entre as características físico-químicas, como a lipofilia, entre outras, e a estrutura molecular. A cimetidina 'bloqueia' certos receptores (moléculas que atuam como sítios de ligação) presentes na mucosa do estômago e do duodeno, reduzindo a produção do suco gástrico e sua acidez, sendo muito útil, até hoje, na prevenção e no tratamento de úlcera gástrica.

Nosso grupo, no Laboratório de Síntese e Eletrossíntese Orgânica (Laselorg) e no Núcleo de Estudos em Química Medicinal (Nequim), da Universidade Federal de Minas Gerais, desenvolve várias linhas de pesquisa relacionadas à química medicinal e à lipofilia: desde o estabelecimento de novos métodos para a medida experimental da lipofilia até a descoberta de novas classes de compostos. Tais estudos vêm permitindo construir novas moléculas, com atividades antifúngica e antitumoral, que ainda estão sob sigilo, até a obtenção das patentes, para proteger a propriedade intelectual.

A regra dos cinco

O estudo da influência da lipofilia no planejamento de fármacos, principalmente dentro das indústrias farmacêuticas, permitiu identificar certos 'padrões' que podem ser muito úteis na descoberta de novas moléculas com atuação terapêutica. Em 1995, por exemplo, o escocês Christopher Andrew Lipinski, pesquisador da empresa Pfizer, percebeu alguns desses padrões e estabeleceu uma importante regra geral para o planejamento de fármacos, conhecida como 'regra de Lipinski' ou 'regra dos cinco'. Esse último nome deriva do fato de que em cada um dos quatro parâmetros os valores envolvidos são múltiplos do número cinco.

A regra postula, para as centenas de fármacos estudados e em uso clínico nos Estados Unidos, o seguinte: i) menos de 12% deles têm em sua estrutura mais que 10 átomos de oxigênio ou nitrogênio (receptores de ligação de hidrogênio); ii) 8% têm, somados, mais

que cinco grupos OH e NH (doadores de ligação de hidrogênio); iii) 11% têm massa molecular maior que 500 unidades; e iv) menos de 10% têm o valor da lipofilia (ou logP) maior do que 5. O conhecimento desses parâmetros facilita o desenvolvimento de novas moléculas com potencial atividade farmacológica.

Os valores de lipofilia (coeficiente de partição, ou logP) de medicamentos muito conhecidos e muito receitados permitem observar a relação entre estrutura molecular e lipofilia. Um exemplo interessante é o de analgésicos. O logP do ácido acetilsalicílico, princípio ativo dos medicamentos AAS, Aspirina e Melhoral, é 2,36, enquanto o do paracetamol (Tylenol) é 0,46 e o do Ibuprofen é 3,97 (figura 6). Descobriu-se recentemente que os efeitos colaterais gastrointestinais de ambos (maiores no Ibuprofen e menores no paracetamol) podem estar associados à lipofilia.

Outros remédios conhecidos têm valores de logP variáveis, como as já citadas cimetidina (0,40) e lidocaína (1,95), além do omeprazol, também usado no tratamento de úlceras (2,56); da forma neutra do propranolol, usado contra a pressão alta (3,48); da fluoxetina, princípio ativo do antidepressivo Prozac (3,82); e do diclofenaco, usado, em formas ligeiramente diferentes, como antiinflamatório (3,91). No caso desse último, a forma de sal de sódio (Voltaren) é mais adequada para ingestão oral, enquanto a forma de sal de dietil-amônio (Cataflan), mais lipofílica, deve ser usada preferencialmente na pele. Conhecer os valores de lipofilia de medicamentos já em uso ajuda os pesquisadores na busca de novos fármacos, já que podem partir de estruturas com propriedades conhecidas para desenvolver variações que tenham os efeitos desejados.

Estudos feitos em instituições de pesquisa e indústrias farmacêuticas, nas últimas décadas, confirmam a grande importância da lipofilia e da determinação de coeficiente de partição (logP) para o planejamento e a busca racional de novos fármacos. Na verdade, a própria história da química medicinal é marcada pela descoberta da grande influência desse parâmetro físico-químico na atividade farmacológica. ■

SUGESTÕES PARA LEITURA

- AMARAL, A.T. & MONTANARI, C.A. 'Química medicinal: 25 anos de planejamento racional de fármacos', in *Química Nova*, v. 25, nº 1, p. 39, 2002.
- BARREIRO, E.J. & FRAGA, C.A.M. *Química medicinal: as bases moleculares da ação de fármacos*. Porto Alegre, Artmed, 2001.
- DEBUS, A.A. 'Alchemy and iatrochemistry: persistent traditions in the 17th and 18th centuries', in *Química Nova*, v. 15, nº 3, p. 262, 1992.
- TAVARES, L.C. 'QSAR: a Abordagem de Hansch', in *Química Nova*, v. 27, nº 4, p. 631, 2004.

Paulo Tadeu de Camargo

Parque Zoológico Municipal de Sorocaba (SP)



Maria Cornélia Mergulhão

Parque Zoológico Municipal de Sorocaba (SP)



E a floresta continua esvaziando

Na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Eco-92), realizada no Rio de Janeiro, o Brasil encabeçou uma lista de centenas de países que comemoraram a assinatura de diversos compromissos que tinham como objetivo garantir o futuro da Terra, entre eles a Convenção sobre Biodiversidade Biológica. No mesmo ano, o ecólogo norte-americano Kent Redford publicou, na revista *BioScience* (v. 42, nº 6, p. 412), um artigo intitulado 'A floresta vazia', retratando a intensa redução histórica, direta e indireta, da fauna amazônica causada pela ação humana, seja com fins de subsistência ou comerciais. Hoje, 16 anos depois, o país pouco avançou efetivamente no combate ao tráfico de animais selvagens, que já é o quarto maior comércio ilegal do mundo, com movimento anual de US\$ 12 bilhões.

Papagaios apreendidos durante uma blitz da Polícia Federal, que investiga o tráfico internacional de animais silvestres, em Foz do Iguaçu (PR)

O famoso historiador norte-americano Warren Dean (1932-1994) já havia relatado os impactos da atividade humana na costa leste do Brasil, entre eles a extinção local de espécies, inclusive endêmicas. Seu livro *A ferro e fogo – A história e a devastação da mata atlântica* é até hoje um sucesso de vendas e citações, mas parece não ter conseguido alertar os brasileiros para as consequências adversas de suas ações.

As ações ilegais de tráfico de drogas, armas, pessoas e animais geralmente ocorrem juntas, operadas pelos mesmos criminosos. Estima-se que somente o tráfico de animais movimente, no Brasil,

US\$ 1 bilhão por ano. Assim como a dimensão territorial e a biodiversidade do país são imensas, essa atividade ilegal assume proporções vultosas no território nacional. O livro *União pela fauna da mata atlântica* (2005), fruto de parceria da Fundação SOS Mata Atlântica e da Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres (Renctas), organizações não-governamentais brasileiras, revela que de 1992 a 2000 foram apreendidos no país 527.944 animais retirados da natureza, sendo metade desse total só em 2000 (dados do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama). O levantamento aponta



FOTO DE CHRISTIAN RIZZI (FOLHA IMAGEM)

ainda a principal rota de escoamento usada pelos traficantes: a rodoviária, justamente aquela onde é maior a atuação da fiscalização.

Estatísticas da Polícia Ambiental do Estado de São Paulo mostram que, apenas em 2007, pelo menos 40 mil animais foram apreendidos, superando os números de 2005 (25,1 mil) e 2006 (30,2 mil). Segundo esse levantamento, a região metropolitana da capital estadual é a que apresenta o maior crescimento desse tipo de crime, por ser o principal destino final da comercialização dos animais no estado.

Segundo a Sociedade de Zoológicos do Brasil (SZB), nos últimos cinco anos foram apreendidos e destinados aos parques zoológicos do país 1.827 canários-da-terra (*Sicalis flaveola*), 1.323 jabutis (*Geochelone carbonaria* e *G. denticulata*), 1.132 papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*), 941 sagüis (*Callithrix jacchus* e *C. penicillata*), 909 coleirinhos (*Sporophila caerulea*), 739 tigrês-d'água-brasileiros (tartaruga da espécie *Trachemys dorbigny*) e 225 jandaias-maracanãs (*Aratinga leucophthalmus*). Esses números confirmam as proporções observadas nas apreensões da Polícia Ambiental: as aves são sempre os animais mais apreendidos, atingindo de 80% a 90% do total.

O sucesso da fiscalização aumenta principalmente quando são intensificadas suas ações rotineiras, como bloqueios nas estradas, e quando a população aumenta o número de denúncias. Dados do Ibama no livro *União pela fauna da mata atlântica* evidenciam a importância de uma fiscalização atuante, como ocorreu em 2000, ano em que foi registrado o recorde de apreensões de animais silvestres. Resta saber agora em que momento o esforço de fiscalização atinge o máximo de eficiência, ou seja, quando o número de animais apreendidos chega a um limite em função da atuação policial.

A legislação ambiental brasi-

EM CASA, MAS DENTRO DA LEI

Todas as pessoas que desejam ter um animal silvestre em sua casa devem seguir as formas legais de compra, para não incentivar o tráfico de animais e assim contribuir com a conservação da biodiversidade. Para adquirir um animal silvestre, é preciso verificar se o estabelecimento que o vende tem autorização do Ibama para esse tipo de comércio (para isso, solicite o número da licença de operação) e se os animais à venda vêm de criadouros comerciais também autorizados pelo órgão (para isso, peça o número da licença do criadouro, diferente do da loja). Da nota fiscal devem constar a espécie adquirida, a quantidade de animais e a identificação de cada indivíduo, com *microchip* (implantado sob a pele) e/ou anilha (colocada em uma das patas). O novo proprietário deve solicitar um manual de criação do tipo de animal adquirido, geralmente disponível em criadouros e lojas de animais.

O vendedor e o próprio criadouro podem ainda fornecer orientação sobre os primeiros passos na manutenção do animal. Também é útil conversar com pessoas que já criam a espécie. Ao adquirir um animal, você se torna responsável por ele, devendo mantê-lo de forma adequada. É totalmente desaconselhável a sua soltura na natureza, não só porque esse animal, condicionado ao contato humano, provavelmente não sobreviverá em liberdade, mas também porque ele pode levar riscos e doenças para as populações naturais. Cabe lembrar que muitas espécies silvestres não podem ser comercializadas. Entre as que têm sua venda autorizada estão o papagaio-verdadeiro, a arara-canindé (*Ara araruna*), o tucano-toco (*Ramphastos toco*), os jabutis, a jibóia (*Boa constrictor*), a iguana (*Iguana iguana*), o teiú (*Tupinambis merianae*) e o sagüi (*Callithrix jacchus*).

leira sobre fauna selvagem é ampla e restritiva: constitui crime ambiental caçar, matar, transportar ou manter sem autorização animais selvagens. A pena pode variar de seis meses a um ano de prisão, e a multa vai de R\$ 500 a R\$ 5 mil por espécime apreendido. A manutenção em cativeiro e a comercialização de animais precisam de autorização específica do Ibama, órgão federal responsável pela regulação e fiscalização de atividades relacionadas à fauna selvagem no Brasil.

O grande acúmulo de informações sobre o assunto nos últimos anos, resultante de um trabalho de base feito pelo Ibama, pelas polícias ambientais e por universidades e instituições mantenedoras da fauna (zoológicos, criadouros e outras), evidenciou a necessidade de implantar, com urgência, um serviço de inteligência para combate ao tráfico de animais. Caberia a esse serviço aproximar e articular as ações de todos os órgãos oficiais responsáveis

pela conservação da fauna selvagem no Brasil e de outras entidades envolvidas. Como estabelece o artigo 225 da Constituição, todos são interessados e devem ser responsáveis pela preservação dos recursos naturais e da sadia qualidade de vida, inclusive a humana.

Seria ingenuidade, no entanto, acreditar que a solução do problema está na proibição irrestrita do uso de animais selvagens. É necessário educar a população brasileira, que adquiriu ao longo da história o hábito cultural de manter animais em cativeiro, além de defender e estimular a regularização do uso consciente dos recursos naturais e o compromisso com sua conservação. No caso do tráfico de animais selvagens no Brasil, nada parece mais atual e necessário que o trecho de uma famosa música de Elvis Presley, dos anos 60: *A little less conversation, a little more action, please!* (Um pouco menos de conversa, um pouco mais de ação, por favor!). ■

Cabeceiras ameaçadas

Os rios Sepotuba, Jauru, Juba e o córrego Salto são importantes formadores da planície do Pantanal mato-grossense. Juntos, eles contribuem com um volume de água superior ao do rio Paraguai. Entretanto suas nascentes, localizadas nas proximidades de Tangará da Serra (MT), apresentam alterações ambientais causadas pelo uso intensivo do solo na região. Tal quadro de degradação é preocupante porque esses rios banham várias cidades e aldeias indígenas antes de desaguar no Pantanal. Por **Érica Baleroni Pacheco, Elisangela Santana O. Dantas, Júnio Damasceno de Souza e Márcia Cléia Vilela dos Santos**, do *Departamento de Ciências Biológicas da Universidade do Estado de Mato Grosso*.

A riqueza do estado do Mato Grosso provém, sobretudo, de suas três bacias hidrográficas (Araguaia-Tocantins, Amazônica e Paraná-Paraguai) e de suas bem definidas áreas de vegetação (o cerrado, a floresta amazônica e o Pantanal). Trabalho feito pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) no final dos anos 90, em parceria com organizações não-governamentais, propôs a reorganização dos biomas brasileiros em regiões geograficamente distintas que compartilham a maioria das espécies da fauna e da

flora, entre outros fatores, para manter sua viabilidade em longo prazo. As chamadas ecorregiões são instrumentos de pesquisa, inventário e monitoramento, com fins conservacionistas. Diante dos escassos estudos sobre o cerrado, ele não foi, naquele momento, subdividido em ecorregiões. Do contrário, teria se tornado o segundo maior bioma e a maior ecorregião do país em extensão territorial.

Reconhecido por abrigar grande diversidade de fauna (cerca de 1.200 espécies de vertebrados, excluindo-se os peixes) e flora (mais de 10 mil) e alto grau de endemismo (cerca de 4.500 espécies vegetais e animais só existem ali), o cerrado abriga várias nascentes de rios importantes da bacia do alto Paraguai, como o Sepotuba, o Jauru, o Juba, o Paraguai, o Cuiabá e o São Lourenço, entre outros. Assim, as áreas de planalto do cerrado – como a chapada dos Guimarães, a serra de Tapirapuã e a serra dos Parecís, no Mato Grosso, com altitudes que variam de 400 m a 800 m – são importantes para a planície pantaneira mato-grossense (com altitude média inferior a 200 m) no que se refere à manutenção do nível de água, sobretudo na estiagem. Na cheia, a inundação é garantida pela alta pluviosidade nas cabeceiras dos rios, pelo afloramento de lençóis freáticos e pela bai-



Voçoroca em área próxima à nascente do rio Jauru, também formador da planície pantaneira. A retirada de vegetação é uma das principais causas do processo erosivo

xa declividade do relevo, entre outros fenômenos. Durante a estiagem, a alta biodiversidade é assegurada pelas águas da calha dos principais rios, cujo volume tem diminuído em razão de ações humanas, principalmente em torno de suas nascentes.

Com o aumento de plantios e pastagens, restam hoje apenas 20% da área original do cerrado. Disso decorrem a perda parcial da diversidade biológica (causada pela redução de micro-habitats e da oferta de alimentos para a fauna), o surgimento de processos erosivos (decorrentes, por exemplo, da retirada de vegetação) e o desaparecimento de nascentes, com a conseqüente diminuição do nível de água dos rios pantaneiros. Vale lembrar ainda que as nascentes da região são contaminadas por defensivos agrícolas usados na agricultura local. Nas últimas décadas, a ocupação e o uso indiscriminado do solo têm se tornado agentes de deterioração. A falta de um planejamento que envolva rotação de culturas e controle biológico contribuiu para agravar o processo.

Ciente da situação e preocupado com a realidade local, o Instituto Pantanal Amazônia de Conservação (Ipac), com sede no município de Tangará da Serra (MT), fez visitas técnicas às nascentes de alguns rios formadores do Pantanal e constatou os danos ambientais. As cabeceiras dos rios Juba, Jauru, Sepotuba e do córrego do Salto ficam próximas de Tangará da Serra, normalmente em áreas onde a principal atividade econômica é a agricultura.

Degradação ambiental

A nascente do rio Sepotuba situa-se no alto da serra dos Parecis e seu entorno é rico em vegetação, com trechos distintos de cerrado e floresta amazônica. Mas os defensivos agrícolas usados nos plantios de algodão e soja em áreas desse planalto são carregados para o rio pela água da chuva. Uma expedição realizada ao longo do rio em 2005 verificou que as principais áreas de degradação ambiental estão em seus primeiros 80 km. A situação preocupa porque, juntamente com o rio Paraguai, o Sepotuba é o principal formador da bacia do Pantanal mato-grossense.

A recuperação da vegetação e da fauna terá impacto positivo não só para o município de Tangará da Serra, mas também para a manutenção da descarga anual de água na região pantaneira. Devido ao acelerado processo de desmatamento às margens do Sepotuba, os sedimentos acumulam-se na calha do rio, diminuindo a heterogeneidade de habitats. Membros das comunidades tradicionais relatam que nos últimos anos tem havido perda substancial da biomassa e da abundância de peixes, o que fez alguns moradores ribeirinhos abandonarem suas casas para subsistir da pesca em outras regiões.

As nascentes dos outros rios visitadas por membros do Ipac estão em áreas de cerrado, sem indícios



Vegetação comprometida pela baixa fertilidade do solo às margens do rio Jauru

de floresta amazônica. O rio Juba nasce em uma região de brejo, com solo argilo-arenoso e mata ciliar com largura que varia de 5 m a 10 m (o que está em desacordo com a legislação florestal brasileira, que exige 100 m para rios de grande volume d'água).

Algumas espécies vegetais exóticas foram encontradas no entorno dessa nascente, mas a questão mais preocupante é a livre criação de animais domésticos às margens do rio. Além de cachorros e carneiros, há criação de porcos, cujos dejetos, ricos em nitrato, poluem a água usada pela população local para consumo.

Iniciativas de conservação do rio Juba são importantes não só para manter o volume de água no Pantanal quanto para atender a necessidades da população, já que o rio é essencial na geração de energia para o Mato Grosso. Duas usinas hidrelétricas já foram instaladas e há projeto de implantação de uma terceira perto de sua foz. Deve-se ressaltar que o estado já é auto-suficiente em energia elétrica e que há outras formas menos impactantes de se obter energia.

A nascente do córrego do Salto localiza-se em uma região com extensas áreas de pastagem, e parte dela foi represada para a construção de uma estrada de acesso a fazendas locais. O desmatamento recente e o solo arenoso causaram uma erosão que expôs o lençol freático. Ao adquirir terras na região, há cerca de oito anos, um fazendeiro deixou parte da vegetação situada perto do córrego, já devastada, recuperar-se naturalmente. Embora esse tipo de iniciativa seja louvável, a simples revegetação natural é insuficiente ▶

para restabelecer a flora nativa e sua fauna associada, sendo necessário o adensamento da vegetação por sementeira e plantio de mudas de espécies locais. Para que a sucessão ecológica ocorra adequadamente, é recomendável um acompanhamento técnico com monitoramento periódico da dinâmica ambiental.

A nascente do rio Jauru, que corta cerca de oito municípios e duas aldeias indígenas, foi considerada pela equipe do Ipac como a mais impactada. O uso do solo para pastagens, para o plantio de monoculturas e para o aterro da BR 364 causou processos erosivos graves. Um grande volume de terra deslocou-se para o rio, reduzindo a fertilidade do solo às margens da nascente, matando a vegetação vizinha e comprometendo a oferta de peixes e a profundidade do rio na cabeceira.

Poder público vacilante

Embora a conservação dessa nascente seja preocupante, os proprietários da Fazenda Santa Izabel, onde fica a nascente do rio Jauru, tornaram-se parceiros do Ipac na implementação de medidas de isolamento e iniciativas de recuperação de áreas degradadas. Ainda que tais iniciativas possam reduzir os danos e, mais tarde, recuperar as áreas, poucas medidas efetivas são tomadas para minimizar o impacto nas cabeceiras dos rios Jauru, Juba, Sepotuba e do córrego do Salto.

O assoreamento nas nascentes e a destruição de áreas naturais avançam sem que o poder público (municipal, estadual e federal) tome medidas concretas

para barrá-los. Dados da Agência Nacional das Águas e do Ministério do Meio Ambiente mostram que a vazão média do rio Paraguai na altura de Cáceres (MT) era de 537m³/s no período 1965-2003 e que esse valor caiu para 293,27 m³/s em 2006. Em consequência disso, a fauna da chapada dos Parecis e da planície do vale do Sepotuba em Tangará da Serra e municípios vizinhos está ameaçada. Muitos fazendeiros caçam onças, alegando proteção de suas terras.

A rápida expansão da agropecuária tem isolado espécies em reservas das propriedades rurais, que não oferecem recursos suficientes para manter as comunidades faunísticas da região. Muitos animais, especialmente aves e mamíferos de médio e grande porte, têm se aproximado das plantações e da sede das fazendas, expondo-se ainda mais aos perigos da caça, dos atropelamentos, das doenças de animais domésticos e da contaminação por defensivos agrícolas.

A recuperação dessas áreas requer ações imediatas e investimentos em longo prazo. Muitos recursos naturais ainda disponíveis para as populações tradicionais e dos centros urbanos irão desaparecer nos próximos 20 anos se o processo de degradação na região não for contido. Investimentos na recuperação e conservação do ambiente são essenciais para reduzir efeitos desastrosos sobre comunidades biológicas e populações humanas. ■

**DÊ UM BRILHO ESPECIAL
A SUAS AULAS COM
OS 2 NOVOS VOLUMES
DESTA COLEÇÃO**



**Ciência
HOJE**
na escola

A MELHOR DA SALA. ELA NÃO PODE FALTAR

NA INTERNET: www.cienciahoje.org.br **PELO TELEFONE:** 0800 727 8999

ENTOMOLOGIA Criação de abelhas nativas é iniciativa sustentável para áreas de mata atlântica

Mel com biodiversidade

Importantes para a polinização dos vegetais da mata atlântica, as abelhas sem ferrão (meliponíneos) muitas vezes têm seus ninhos destruídos por populações humanas, que desconhecem seu valor biológico. Na ilha Grande (RJ), vem sendo desenvolvido um projeto de criação da abelha jataí, para produção de mel, ajudando a preservar essa espécie nativa e fornecendo uma renda extra aos moradores locais. Por **Maria Cristina Affonso Lorenzon** e **Leila Nunes Morgado**, do Departamento de Produção Animal (Instituto de Zootecnia) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

No Brasil ocorrem cerca de 3 mil espécies de abelhas, que representam um importante contingente de polinizadores das plantas com flores. As mais conhecidas abelhas dos ecossistemas tropicais, chamadas de eussociais, estão representadas no Brasil por *Apis mellifera*, uma espécie exótica, e pelo grupo nativo de abelhas sem ferrão, os meliponíneos. As espécies eussociais são as que vivem em sociedade, com alta densidade de indivíduos e sistema de comunicação muito desenvolvido. Essas espécies constroem ninhos em diferentes locais (ocos de árvores, buracos no solo, fendas de rochas e outros) e algumas estocam mel em grande quantidade, sendo utilizadas para criação (apicultura) ou sofrendo coletas no ambiente natural. Assim, há dois tipos de criação de abelhas: apicultura e meliponicultura.

O grupo das abelhas indígenas sem ferrão (figura 1) tem cerca de 50 gêneros e 400 espécies distribuídas nas Américas Central e do Sul. Segundo estudos ecológicos, elas são responsáveis pela reprodução de 40% a 90% dos vegetais que dependem da polinização cruzada (em que o pólen tem que ser levado de uma flor para outra) em florestas tropicais. Cerca de 300 espécies dessas abelhas espalham-se por todo o território brasileiro. Como estão adaptadas ao ecossistema onde vivem, sua sobrevivência é posta em risco pelo desmatamento desordenado e outras ações humanas que degradam o ambiente natural.

Um dos ecossistemas preferidos pela abelha indígena sem ferrão é a vegetação da mata atlântica, bioma em risco de extinção, no qual são escassas as pesquisas sobre esses insetos. Muitos estudos têm alertado que a extinção de abelhas silvestres com-

promete a manutenção da cadeia biológica restante – a ausência de abelhas prejudica a reprodução de muitos vegetais e a falta de sementes e frutos afeta a sobrevivência dos animais que os consomem.

Em 2006, as autoras deste texto constataram a ocorrência de 14 espécies de meliponíneos na ilha Grande, uma área geograficamente isolada no estado do Rio de Janeiro e um acervo natural de mata atlântica de valor inestimável. Algumas espécies dessas abelhas fazem ninhos em áreas urbanas situadas dentro de unidades de conservação existentes na ilha, mas estes são comumente destruídos pelos moradores, que em geral desconhecem a importância biológica desses insetos.

Figura 1. A abelha jataí (*Tetragonisca angustula*) é a espécie utilizada no projeto de meliponicultura na ilha Grande, no Rio de Janeiro



A criação racional de abelhas indígenas sem ferão (meliponicultura) é tida hoje como uma atividade adequada ao desenvolvimento sustentável, já que auxilia a restauração ambiental e oferece uma renda complementar aos criadores. Essa atividade está incluída na Iniciativa Brasileira dos Polinizadores, programa lançado em 2000 pelo governo federal, em parceria com universidades, para proteger agentes importantes para a polinização, em especial abelhas. A implantação da criação de meliponíneos na ilha Grande pode ser uma alternativa para minimizar as perdas de abelhas nativas e prevenir iniciativas de criação de abelhas exóticas, que seriam um equívoco naquela localidade.

O projeto, desenvolvido pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRuralRJ) em regiões do entorno do Parque Estadual da Ilha Grande, no município de Angra dos Reis (RJ), teve como objetivo introduzir a meliponicultura, visando ao desenvolvimento sustentável das comunidades locais, e monitorar essa atividade. Além disso, procurou-se, com ações de educação ambiental, informar a população e fortalecer a proteção da flora e da fauna de abelhas na área. Esse projeto teve o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj) e do Instituto Estadual de Florestas (IEF).

Educação ambiental e meliponário

No caso da educação ambiental, foram divulgadas informações destinadas a conscientizar a comunidade sobre a importância da conservação das abelhas nativas para o parque estadual e sobre a criação das mesmas, para avaliar o interesse dos moradores. Isso foi feito com murais, folhetos, reuniões e palestras em escolas, com a participação de associações de moradores e de organizações não-governamentais. Artigos técnicos foram divulgados na mídia local e aplicaram-se questionários a residentes e visitantes para conhecer melhor o público-alvo.

Para demonstração e treinamento, foram instaladas colônias da espécie nativa jataí (*Tetragonisca angustula*) em um meliponário-escola de fácil acesso ao público. Para isso, foram retiradas, da área urbana, 20 colônias que estavam mais expostas à predação humana, obedecendo a critérios (de risco de predação e de manutenção da densidade de ninhos) definidos pelo Instituto Estadual de Florestas. *T. angustula* foi escolhida para o projeto por ser muito comum no local e por certas características, como formar colônias, se adaptar facilmente às caixas de criação racional, ter raio de busca por alimentos de cerca de 500 m (o que limita a interferência nos habitats próximos), ser dócil e pequena e, ainda, produzir mel saboroso, de excelente qualidade. Tais aspectos, além de prevenir provável competição com os enxames nativos do parque estadual, favorecem sua aceitação pelos criadores.

Os enxames de jataí foram transferidos para caixas padronizadas, de modelo vertical (com volume de 3.168 cm³), construídas com tábuas de pinho e formadas por um ninho, uma sobrecaixa e uma melgueira. O desempenho das colônias de jataís nas caixas foi avaliado por meio do volume de ocupação e da resistência aos inimigos naturais (formigas e moscas).

Após a instalação das caixas, foram realizados treinamentos em meliponicultura (do tipo 'aprender-fazendo') com indivíduos da comunidade. A estes foram delegadas tarefas como localização de ninhos naturais da abelha jataí, construção de cavaletes, preparo de caixas, transferência de enxames, revisões, registros das observações e apresentação do conhecimento a visitantes. O desempenho dos participantes foi avaliado por meio da expressão oral, da habilidade manual e da disposição ideológica, ou seja, a preocupação com a conservação das abelhas.

FOTO DE MARIÁ CRISTINA A. LORENZON



Figura 2. A abelha jataí adaptou-se bem às caixas padronizadas utilizadas no projeto – a imagem mostra os potes de alimento (à esquerda) e o ninho (área mais clara no centro)

Renda extra e benefício ecológico

Acredita-se que a formação de poucos criadores bem instruídos seja o caminho para a expansão da meliponicultura racional na ilha Grande, de modo pioneiro em toda a região da 'costa verde' do Rio de Janeiro. Assim, as ações de educação ambiental duraram seis meses, para firmar na comunidade o conhecimento das metas do projeto, visando em especial prevenir coletas de enxames no parque estadual. Os moradores mostraram-se curiosos e interessados, e a atitude de extermínio de enxames silvestres deu lugar à proteção, embora ainda tenham ocorrido violações de ninhos de jataí.

Os treinamentos, palestras, reuniões e eventos permitiram informar cerca de 80 pessoas, diretamente, sobre as abelhas sem ferrão, e as exposições e informações veiculadas na mídia local atingiram mais de mil indiretamente. Os guias de turistas participaram dos treinamentos e incluíram em seus roteiros dados sobre as abelhas e visitas ao meliponário-escola, o que ajuda a fortalecer o ecoturismo.

A criação de abelhas jataís é simples, mas exige organização e higiene. Após 100 horas de treinamento, os participantes atingiram o nível de criador e multiplicador do projeto. Os erros mais comuns foram: instalação dos enxames em locais com excesso de sol ou de sombra, caixas mal projetadas, pintura excessiva da caixa e falta de higiene. É fundamental que a criação seja feita de acordo com as técnicas indicadas, para prevenir perdas e frustrações.

De acordo com o termo de compromisso apresentado aos participantes, estes tornaram-se oficialmente colaboradores da conservação das abelhas. O documento incentiva a atividade e destaca algumas regras, como a não retirada de enxames nas matas (ou em certas áreas urbanas), o limite de lotação do meliponário (até 49 enxames, segundo resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente), a multiplicação artificial dos enxames (para formar novos meliponários) e a obtenção de licença do Instituto Estadual de Florestas. Além da produção de mel, a meliponicultura deve gerar, na ilha Grande, benefícios na polinização, no paisagismo e no turismo. Cabe ressaltar a sensibilidade ecológica de muitos moradores, já existente em função de trabalhos científicos e de extensão ali realizados.

Verificou-se que as colônias de *T. angustula* se ajustaram satisfatoriamente na caixa padronizada, proposta pela UFRuralRJ (figura 2). Os ninhos preencheram o espaço disponível e, apesar da alta umidade do ar do local, as abelhas mantiveram as caixas secas, inclusive no período chuvoso. Os enxames coletados nas áreas urbanas demoraram cerca de um mês para a plena recuperação no novo ninho. Não houve perda de enxame quando as recomendações técnicas foram seguidas à risca, mas o não cumprimento dessas medidas, em alguns casos, permitiu que a mosca-dos-favos (gênero *Pseudohylocera*) atacasse as crias das abelhas



Figura 3. O mel da espécie *T. angustula* tem alta qualidade, e sua produção, sempre de acordo com as orientações técnicas, pode fornecer uma renda extra para comunidades de áreas onde essa abelha ocorre

e dizimasse rapidamente o enxame. Essa mosca, de ocorrência comum, só ataca os ninhos se as crias e os potes de alimento são danificados e ficam expostos. Na ilha Grande há outro predador perigoso para meliponicultura: as formigas, que rondam constantemente o meliponário. Para prevenir seu ataque é preciso manter isoladores nos cavaletes que sustentam as colônias.

A vegetação procurada pelas abelhas na ilha Grande permite manter enxames fortes ao longo do ano, inclusive no período chuvoso. A partir da disponibilidade de alimento para os enxames foram identificados dois tipos de arranjos de caixas: um incluindo um ninho, uma sobrecaixa e uma a duas melgueiras e outro apenas com um ninho e uma a duas melgueiras. O primeiro arranjo favorece o crescimento da população, visando a sua reprodução, enquanto o segundo favorece a maior produção de mel (figura 3), conforme a estação. Nos primeiros seis meses, a produção média foi de 200 ml de mel por colônia, com destaque para o verão, e acredita-se que os enxames de jataí, na ilha Grande, possam produzir cerca de 500 ml ou mais, por ano. Somando os valores do mel e do enxame, o rendimento, já no primeiro ano, é três vezes maior que o investimento inicial. O valor da renda, no entanto, não se equipara ao valor biológico dessa criação.

O projeto envolve alguns aspectos relevantes, tratando-se de criação no entorno de unidades de conservação. Um deles é o fato de a criação se limitar às espécies nativas e que voem até 500 m, para que não afetem a área de preservação da ilha Grande. A criação também depende de licença da UFRuralRJ, o que possibilita o controle dos criadores e dos enxames silvestres e reforça a 'filosofia' do projeto, de que, além da produção de mel, a criação dessas abelhas é importante para a polinização da flora local. Finalmente, trata-se de uma atividade sustentável, que reúne programas de preservação de espécies silvestres, educação ambiental e renda extra para a comunidade. Criações artesanais de abelhas nativas brasileiras podem apresentar essas condições e ajudar a salvar espécies desses insetos que habitam a mata atlântica. ■

NUTRIÇÃO A salsa, de amplo uso na culinária, pode ajudar a prevenir doenças cardiovasculares

Saúde no tempero



O aumento da expectativa de vida dos brasileiros e o crescente aparecimento de doenças crônicas, como obesidade, aterosclerose, hipertensão, osteoporose, diabetes e câncer, trouxe maior preocupação com a alimentação, já que certos alimentos, denominados funcionais, podem favorecer a cura e/ou prevenção de várias doenças. Estudo realizado com a salsa revelou que essa planta é um alimento potencialmente útil na prevenção de doenças cardiovasculares como, por exemplo, a trombose. Por **Douglas Siqueira de Almeida Chaves** (doutorando) e **Sônia Soares Costa**, do Núcleo de Pesquisas de Produtos Naturais (NPPN), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), **Russolina Benedeta Zingali**, do Instituto de Bioquímica Médica da UFRJ, e **Ana Paula de Almeida**, da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto (Portugal).

A busca por produtos naturais e mais benéficos à saúde tem envolvido, nas últimas décadas, não só pesquisadores, mas todos os interessados em investigar e divulgar esses produtos. A cada dia são descobertas novas aplicações para estes nas mais diversas áreas, entre elas a alimentação, a indústria farmacêutica e a indústria de cosméticos. Na culinária, as plantas aromáticas fornecem o 'toque' capaz de tornar sofisticado um prato considerado comum. O que a maioria das pessoas desconhece, no entanto, são as propriedades terapêuticas desses pequenos grandes elementos, denominados alimentos funcionais ou nutracêuticos.

Ao longo da história, ervas frescas vêm sendo utilizadas na culinária e para fins medicinais. Na alimentação, as ervas condimentares e aromáticas atuam realçando o sabor dos alimentos e ativando a ação das glândulas salivares, que iniciam o processo digestivo. Hábitos alimentares adequados, como o consumo de alimentos pobres em gorduras saturadas e ricos em fibras (frutas, legumes, verduras e cereais integrais), aliados a um estilo de vida saudável (exercícios físicos regulares, não tabagismo e ingestão moderada de bebidas alcoólicas) têm um papel extremamente importante na diminuição do risco de doenças e na promoção da qualidade de vida.

Pesquisas científicas que visavam encontrar substâncias úteis no tratamento das mais diversas enfermidades constataram que os alimentos denominados

funcionais têm princípios ativos e que estes estão relacionados com a prevenção, ou mesmo com o desaparecimento de sintomas de várias doenças. O aipo (*Apium graveolens*), por exemplo, tem ação antioxidante (combate os chamados radicais de oxigênio, tóxicos para o organismo), digestiva e antiinflamatória. A cebola (*Allium cepa*) também é um alimento importante: seu consumo foi relacionado à redução do colesterol, da pressão arterial e da arritmia cardíaca, bem como à prevenção da formação de coágulos sanguíneos. O gengibre (*Zingiber officinalis*) apresenta propriedades terapêuticas, entre elas a ação estimulante da circulação sanguínea periférica.

Ervas e sistema sanguíneo

Algumas espécies de plantas, quando ingeridas, são capazes de interferir no sistema sanguíneo. Entre elas está a *Petroselinum crispum*, erva da família Apiaceae popularmente conhecida como salsa (figura). Ao mesmo tempo em que essas plantas despertam o interesse de pesquisadores, verifica-se que a população mundial vem intensificando o uso de ervas no tratamento de doenças cardiovasculares. Essas doenças são a principal causa de morte em todo o mundo, e as estatísticas revelam que o número de suas vítimas vem aumentando nos últimos 15 anos. Em 2005, por exemplo, cerca de 17 milhões de pessoas morreram de doenças cardiovasculares.

A doença tromboembólica – caracterizada pela formação de coágulos (trombose venosa) ou placas de gordura (trombose arterial) que se depositam em um vaso sanguíneo, obstruindo a passagem do sangue – ainda é a principal causa de morte nos países desenvolvidos. Nos Estados Unidos, em 2002, cerca de 500 mil pessoas morreram em decorrência de trombose arterial ou venosa. No Brasil, segundo dados do Ministério da Saúde também referentes a 2002, as doenças cardiovasculares já são responsáveis por 31% das mortes nas capitais estaduais (na década de 1930, esse percentual era de 12%) e representam 75% dos gastos com atenção à saúde no Brasil.

Vários riscos e fatores estão associados a essas doenças. Sabe-se que hábitos sedentários, uso de tabaco, aumento da pressão arterial, aumento da taxa de colesterol no sangue, predisposição genética, distúrbios no sistema de coagulação e outros males, como diabetes e obesidade, favorecem o surgimento de problemas cardiovasculares, como a trombose. Esta ocorre devido ao acúmulo de gordura nas paredes dos vasos sanguíneos, em função de hábitos de vida pouco saudáveis, ou a uma falha no sistema de coagulação que provoca a formação em excesso de coágulos (trombose venosa).

Hoje, diversos fármacos que impedem a agregação das plaquetas (elementos do sangue que se juntam, quando ocorre uma lesão tecidual, para estancar hemorragias e recompor o tecido lesado) e a coagulação (ao inibir os fatores enzimáticos que desencadeiam esse processo) são usados em tratamentos clínicos. Entretanto, esses fármacos (por exemplo, a varfarina) apresentam efeitos indesejáveis, entre eles o risco de hemorragia intensa.

A salsa e a coagulação

Estudo interdisciplinar realizado no Núcleo de Pesquisas de Produtos Naturais (NPPN), da UFRJ, pelo primeiro autor deste artigo, sob a supervisão das demais autoras, em colaboração com a equipe do Instituto de Bioquímica Médica, também da UFRJ, comprovou, em testes laboratoriais, que o extrato aquoso de folhas de salsa inibe os processos relacionados à coagulação.

A composição química desse extrato revelou-se rica em flavonóides – em especial as flavonas apiína e apigenina. Os flavonóides, substâncias produzidas pelas plantas, são encontrados principalmente nas flores, embora possam estar presentes em folhas e caules, e têm papéis importantes na proteção dos tecidos vegetais contra raios ultravioleta, luz visível, insetos, fungos, vírus e bactérias. Atuam no controle hormonal das plantas, na atração de agentes polinizadores e são capazes de inibir diferentes sistemas enzimáticos. Como a atividade antioxidante dessas substâncias já é bem conhecida, elas são consideradas agentes protetores em processos em que ocorre formação de radicais de oxigênio.

Nesse trabalho, foi avaliada a atuação do extrato da



salsa sobre a agregação das plaquetas e sobre a coagulação plasmática, por meio de ensaios em laboratório. No ensaio de coagulação observou-se que esse extrato pode prolongar o tempo de coagulação em até 2,5 vezes com concentrações de 3 mg/ml – uma atividade irrelevante, já que apenas aumentos acima de três vezes são considerados significativos. No entanto, observou-se uma inibição de 99% da agregação plaquetária, induzida por fatores como a adenosina-difosfato (ADP), em concentração de 3,8 mg/ml, e a trombina, em 0,31 mg/ml. No ensaio com as plaquetas, a concentração do extrato necessária para inibir 50% da agregação (conhecida como IC₅₀) foi de 1,81 mg/ml quando o processo era induzido por ADP e de 0,16 mg/ml no caso de indução por trombina. Para avaliar o possível uso da salsa como alimento funcional, a planta foi administrada por via oral. Os resultados mostram uma inibição de cerca de 80% do tamanho do trombo, quando comparado ao controle (na dose de 125 mg/kg). Esses dados indicam claramente a possibilidade de utilização da salsa na prevenção de estado pró-trombóticos. Embora preliminares, tais resultados permitem considerar a salsa como um alimento benéfico na dieta humana, já que atuaria na prevenção da formação de trombos.

Além de ser um condimento muito utilizado na culinária mundial, a salsa é tida como espécie benéfica contra inflamações do trato urinário e doenças gástricas, bacterianas e fúngicas. Também seria útil, segundo estudos recentes, no tratamento da doença de Alzheimer e da hipertensão. No entanto, como outras espécies medicinais, seu uso terapêutico deve ser feito de modo cauteloso, pois a planta pode ter efeitos tóxicos, de acordo com estudo realizado no Uruguai.

As pesquisas realizadas em nosso laboratório, porém, comprovam o potencial da salsa na prevenção de doenças cardiovasculares. Estudos complementares estão em andamento para obter informações mais completas sobre sua ação anticoagulante e antiplaquetária, mas os resultados atuais já permitem considerar essa planta um importante alimento funcional. ■

A salsa (*Petroselinum crispum*), planta usada desde tempos antigos como tempero, é também uma espécie medicinal, potencialmente útil na prevenção de doenças cardiovasculares

Uma árvore versátil

Rodrigo Augusto Santinelo Pereira

Departamento de Biologia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo

Yan-Qiong Peng

Jardim Botânico Tropical de Xishuangbanna, Yunnan, China

Figueira de porte rasteiro (*Ficus tikoua*) (A). Uma 'floresta' formada por apenas uma figueira (*Ficus altissima*) (B)

Descobertas recentes de pesquisadores israelenses mostraram que a figueira foi a primeira planta a ser cultivada pelo homem, há mais de 11 mil anos. Nas florestas tropicais, ela se destaca pelo importante papel ecológico que desempenha, alimentando grande número de aves, morcegos e macacos, entre outros animais. Além disso, a forma como se re-

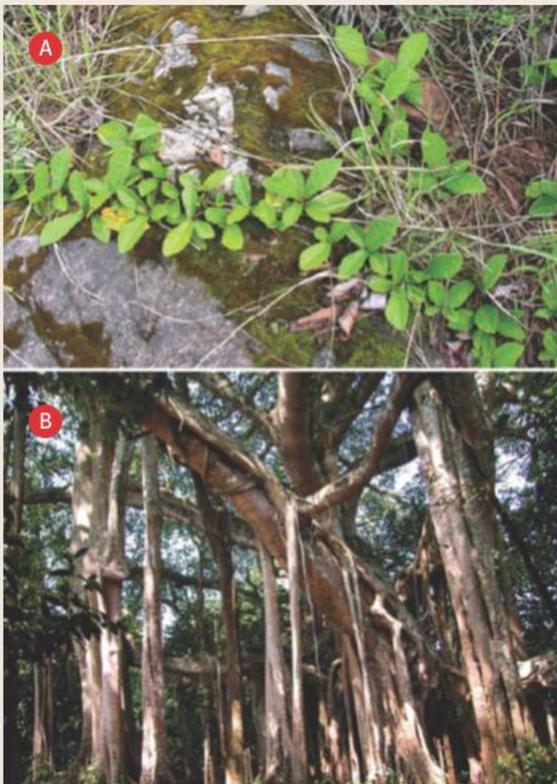
produz é considerada excepcional entre as plantas. A polinização é feita exclusivamente por diminutas vespas-de-figo, pertencentes à família Agaonidae, que em geral têm menos de 2 mm. Os ovos dessas vespas só se desenvolvem dentro do figo, em uma relação de mútua dependência (ver 'Figs e vespas sobrevivem juntos', em CH nº 116).

Aproximadamente 700 espécies de figueira (gênero *Ficus*) distribuem-se pelas áreas tropicais do globo. Os continentes americano e africano reúnem cerca de 100 espécies cada um, enquanto as demais 500 espécies estão na Ásia e Oceania. Embora no Brasil as figueiras sejam em geral de grande porte, em outros países há desde espécies rasteiras, com apenas 30 cm, até árvores com mais de 40 m de altura.

Quando pensamos em uma figueira, logo lembramos de seu fruto (*Ficus carica*). Mas para muita gente outras espécies de *Ficus* passariam despercebidas, tal a diversidade de formas, cores e tamanhos de suas folhas e frutos. No Brasil e demais países da América, as figueiras produzem figos na extremidade dos ramos, e seu crescimento ocorre a partir da base das folhas. Nos outros continentes, os figos são produzidos de

diferentes modos. Em algumas espécies, nascem em ramos especiais, sobre o tronco ou os galhos mais velhos da árvore – forma de produção conhecida por cauliflora (as flores crescem a partir do caule), que ocorre também na jabuticabeira. Outro modo de uma figueira lançar seus frutos é a chamada geocarpia, na qual eles se formam em ramos especiais que crescem rente ao solo, podendo ficar encobertos pela camada de folhas secas que recobre o chão da floresta.

Acredita-se que o poder das figueiras de ocupar diferentes habitats se deve, em parte, às suas diversas estratégias de crescimento. Algumas crescem sobre o solo como arbustos ou árvores independentes, capazes de sustentar o próprio peso. Outras adotam um mecanismo diferente para contornar a escassez de luz e espaço nas florestas tropicais: iniciam seu desenvolvimento sobre as forquilha de outras árvores, às vezes a dezenas de metros de altura. Suas raízes crescem por vários anos ao longo do tronco da árvore que lhe dá suporte, até atingir o solo. Ao alcançá-lo, retiram a água e os nutrientes necessários para engrossar suas raízes, que envolvem completamente o tronco da árvore suporte. Nesse processo, em



FOTOS: YAN-QIONG PENG

FOTOS RODRIGO A.S. PEREIRA E YAN-QIONG PENG



Diversidade de forma e tamanho de folhas e frutos de figueiras encontradas em uma única localidade da China. Note, nas duas fotos, as dimensões em relação a uma moeda de 10 centavos de real (no círculo vermelho)

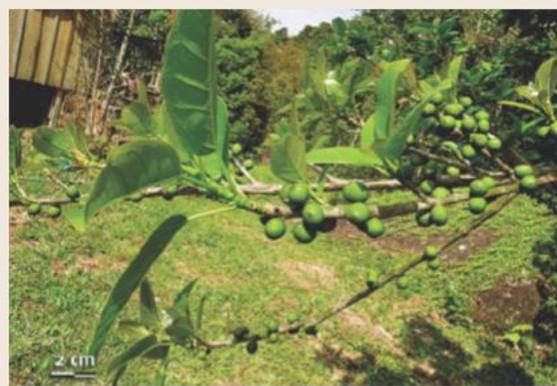
que as raízes ‘estrangulam’ o tronco que lhes deu sustentação, a figueira toma o lugar da árvore. Um terceiro grupo é representado por figueiras incapazes de sustentar o próprio peso. Essas plantas iniciam seu desenvolvimento no solo e crescem agarrando-se a superfícies rochosas ou ao tronco de outras plantas. Esse tipo de crescimento ocorre na falsa-hera (ou unha-de-gato), que é, de fato, uma figueira (*Ficus pumila*).

Fruto sem flor?

Na China, a palavra figo significa ‘fruto sem flor’. A expressão resulta de uma confusão causada pelo formato peculiar dessa inflorescência, cujas flores não ficam expostas como na maioria das plantas. O figo é uma estrutura globosa em cujo interior estão as flores masculinas e femininas. Na extremidade há uma estrutura formada por escamas, o ostíolo, uma passagem minúscula que permite a comunicação das flores com o ambiente externo. Assim, o figo é confundido frequentemente com um fruto. Na realidade é um conjunto de flores que se

transforma posteriormente em um conjunto de frutos.

Embora existam flores dos dois sexos no mesmo figo, a polinização entre elas não ocorre porque as flores masculinas ainda estão em fase de botão quando as femininas já estão prontas para ser polinizadas. As flores masculinas só produzem pólen cerca de quatro semanas depois, quando as femininas já se tornaram frutos. Esse desencontro nas fases de desenvolvimento das flores do mesmo figo faz com que a reprodução dependa do pólen trazido das flores masculinas de outra figueira. A tarefa é exercida pelas fêmeas de pequenas vespas polinizadoras, que carregam o pólen em seu corpo e conseguem entrar no figo através do ostíolo. Ao se movimentar dentro do fruto, as vespas depositam o pólen nas flores femininas, fecundando-as. As vespas, por sua vez, precisam de algumas dessas flores para depositar seus ovos, pois é nelas que a prole se desenvolve (ver ‘Lutas fatais dentro do figo’, em *CH* n° 215). As vespas da prole acasalam-se entre si ao completar



FOTOS RODRIGO A.S. PEREIRA

Diferentes modos de produção de figos. Acima, crescem nas ‘axilas’ das folhas de uma figueira brasileira (*Ficus luschnatiana*). Ao centro, figos produzidos por caulifloria em uma figueira asiática (*Ficus fistulosa*). Abaixo, um exemplo de produção de figos junto ao solo na espécie *Ficus tikoua*



Estratégias de crescimento das figueiras. À esquerda, raízes envolvem o tronco de uma palmeira; à direita, uma falsa-hera (*Ficus pumila*) cresce sobre uma parede

seu desenvolvimento, que coincide com a produção de pólen pelas flores masculinas. Assim, esse pólen é coletado pelas fêmeas, que depois abandonam o figo e levam o pólen para outro fruto.

A polinização

O processo de fecundação varia entre as diferentes espécies de figueira. Cerca de um terço delas é polinizada passivamente. Os figos produzem pólen em abundância, e este se espalha por dentro do fruto, recobrendo o corpo das vespas que aí se desenvolveram. Essas vespas, ao penetrar outros figos, depositam acidentalmente o pólen sobre as flores femininas. Nas demais espécies de *Ficus*, as vespas coletam o pólen e o guardam em um tipo de 'bolso' que têm no corpo. Ao entrar em

outro figo, retiram ativamente o pólen desse bolso e o depositam nas flores femininas.

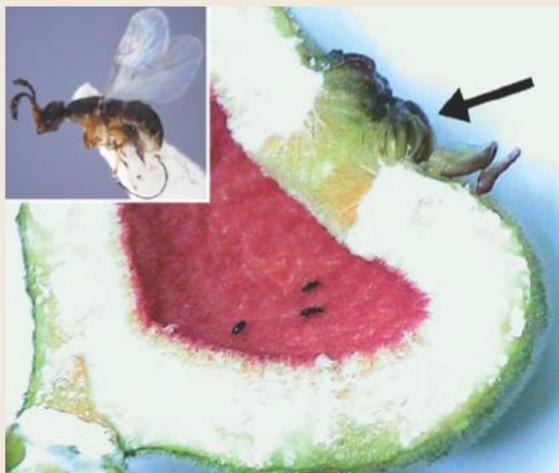
Graças à maior eficiência desse método, as figueiras polinizadas ativamente geram figos com menor número de flores masculinas. A diferença pode ser notada se compararmos a proporção de flores masculinas e femininas entre espécies com os dois tipos de polinização: cerca de uma flor masculina para cada 18 flores femininas, nas espécies de polinização ativa, contra a proporção de 1 para 7 nas outras, como apontam dados obtidos pelos estudantes Fernando Farache e Vanessa do Ó, do Departamento de Biologia da USP de Ribeirão Preto (SP).

Em cerca da metade das espécies de figueira a reprodução ocorre da forma aqui descrita. As plantas dessas espécies produzem figos com flores de ambos os sexos, razão pela qual são hermafroditas (ou monóicas). No entanto, a outra metade possui plantas com sexos distintos, denominadas ginodióicas. As plantas femininas produzem figos que contêm apenas flores femininas. Ao entrar em um figo assim, a vespa deposita o pólen (ativa ou passivamente, dependendo da espécie), mas não consegue depositar seus ovos, uma vez que essas flores, muito alongadas, impedem que as vespas alcancem o local adequado para pôr os ovos. Desse modo, os figos das plantas femininas só produzem sementes, funcionando como uma armadilha para a vespa polinizadora, que morre em seu interior sem perpetuar a prole.

A produção de pólen, por sua vez, é realizada por plantas que têm figos com os dois tipos de flo-

res (femininas e masculinas). Essas plantas, embora hermafroditas, só desempenham o papel masculino, pois suas flores não produzem sementes. Como suas flores femininas são bastante curtas, as vespas conseguem alcançá-las e nelas depositar seus ovos. Em vez de sementes, desenvolvem-se então vespas. O final do desenvolvimento da prole coincide com o amadurecimento das flores masculinas (do modo descrito para as espécies hermafroditas), fazendo com que os descendentes de vespas recém-emersas carreguem o pólen até outro figo, reiniciando o ciclo. Vale notar que parte dessas vespas encontrará árvores masculinas e terá sucesso em procriar; outra parte, no entanto, irá encontrar plantas femininas, nas quais realizará apenas polinização.

Após liberar vespas polinizadoras, o figo amadurece, atraindo animais que dispersam sementes, sobretudo aves, morcegos e macacos. Essa etapa, que nas figueiras hermafroditas ocorre sem complicações, cria problema para as espécies que têm sexos separados. Nesse caso, não é vantajoso que os animais dispersores de sementes invistam tempo ou saciem sua fome em plantas com figos masculinos, já que estes não produzem sementes a serem dispersas. Assim, essas espécies têm como estratégia reprodutiva produzir figos que não atraiam animais dispersores. Os figos das plantas masculinas em geral não têm coloração nem sabor atraentes. Às vezes essa 'mensagem' enviada pela planta é mais evidente: o sabor dos figos masculinos pode ser muito desagradável, semelhante ao gosto de um caqui verde. A concentração de substâncias que produzem tal sabor é tão alta em figos masculinos que, em algumas espécies, pode corroer o piso de cimento disposto sob a copa de uma árvore, fato não observado em plantas femininas. ■



Corte longitudinal em um figo da espécie *Ficus auriculata* mostra as escamas que formam o ostíolo (indicado pela seta) e minúsculas vespas polinizadoras caminhando sobre flores femininas no interior do fruto. No canto superior esquerdo, a vespa ampliada

FOTOS RODRIGO A.S. PEREIRA

HÁ 60 ANOS O PÍON ERA DETECTADO EM UM ACELERADOR DE PARTÍCULAS

O méson pi artificial

No início de 1948, uma dupla de físicos, um brasileiro e um norte-americano, apresentava ao mundo evidências incontestáveis de que o então maior acelerador de partículas do mundo, na Califórnia (Estados Unidos), produzia mésons pi, a partícula responsável pela coesão do núcleo atômico. A detecção do que viria a ser denominado 'píon' ganhou grande repercussão na imprensa internacional, bem como serviu para deflagrar a chamada 'Era das grandes máquinas', pois mostrava que a tecnologia empregada naquele acelerador funcionaria para máquinas ainda mais potentes.

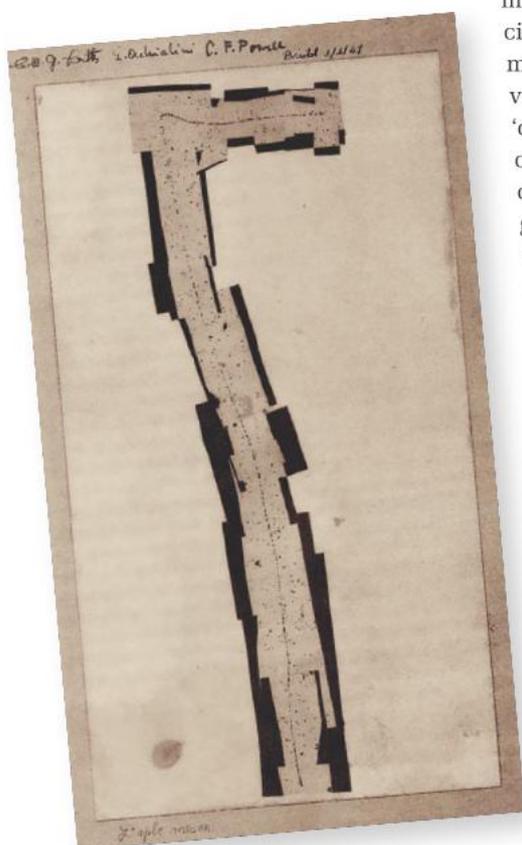


Figura 1. Emulsão fotográfica mostrando a trajetória de um méson pi (píon), no traço horizontal, desintegrando-se em um méson mi (múon). Ao alto, vê-se a assinatura de Powell, Occhialini e Lattes, autores do artigo com os resultados da detecção do píon em *Nature* (24/05/47), juntamente com o físico Hugh Muirhead (1925-2007), outro integrante do grupo de Bristol

ARQUIVO PESSOAL ALFREDO MARQUES (CBPF)

Nos anos que precederam a descoberta da fissão nuclear, em dezembro de 1938, pouco se conhecia do núcleo atômico e das forças que o mantinham íntegro. Entretanto, as idéias da mecânica quântica (teoria para os fenômenos na escala atômica e subatômica) levavam a um modelo de átomo de grande sucesso: várias propriedades desse diminuto fragmento de matéria (níveis de energia, emissão e absorção de radiação eletromagnética etc.) podiam ser previstas com notável precisão.

Esse modelo quântico foi aprofundado, levando ao entendimento de que a força de atração ou repulsão entre partículas carregadas eletricamente presentes no interior dos átomos era mediada pela troca de fótons (ou seja, de partículas de luz).

Em 1935, o físico japonês Hideki Yukawa (1907-1981) aplicou essas idéias ao núcleo atômico. No caso, o mediador da força nuclear, que manteria prótons e nêutrons unidos, não seria, porém, o fóton, mas sim uma partícula nova, com massa intermediária entre a do próton e a do elétron. Pelo valor mediano da massa, ficou conhecida, poucos anos depois, como mésontron. Observações confirmavam a ocorrência do mésontron na 'chuva' de partículas criadas na colisão de raios cósmicos (núcleos atômicos altamente energéticos vindos do espaço exterior) contra núcleos atômicos da atmosfera terrestre.

No entanto, o mésontron apresentava comportamentos discrepantes (massa, tempo de vida etc.) em relação à partícula proposta por Yukawa. Uma série de experimentos realizados em Roma, ainda durante a Segunda Guerra, demonstrou definitivamente que o mésontron não poderia ser a partícula responsável pela força forte nuclear, porque sua interação com núcleos era simplesmente desprezível.

HÁ 60 ANOS

Emulsões nucleares

Terminada a Segunda Guerra, veio o passo seguinte. Este dependeu do surgimento de um instrumento novo de observação (as emulsões nucleares) que pôs fim às incertezas instrumentais anteriores. Esse novo detector foi fruto do aperfeiçoamento do método fotográfico promovido por um comitê de especialistas e fabricantes de filmes, convocado para estender a sensibilidade das películas ao extremo infravermelho do espectro visível. O propósito era viabilizar o reconhecimento aerofotográfico à noite, com maior proteção para os aviões que o faziam.

Ao cabo daquela missão, o físico inglês Cecil Powell (1903-1969) conseguiu que o comitê estendesse, com êxito, seus trabalhos para a criação de uma emulsão fotográfica sensível à trajetória de partículas eletricamente carregadas. Essas chapas fotográficas especiais, que tinham maior concentração de sais de prata e cuja camada de gelatina era mais espessa que a das convencionais, passaram a ser conhecidas como emulsões de traços nucleares ou, simplesmente, emulsões nucleares. No final da guerra, ao menos três fabricantes (a Eastman Kodak, norte-americana, bem como a Ilford e a Kodak, inglesas) detinham conhecimentos necessários para fabricar emulsões nucleares comercialmente.

Em 1947, o físico brasileiro César Lattes (1924-2005), o italiano Giuseppe Occhialini (1907-1993) e Powell, expondo à radiação cósmica emulsões nucleares fornecidas pela Ilford, anunciavam ao mundo a descoberta da partícula de Yukawa, com massa de 273 vezes a do elétron. Esse grupo, da Universidade de Bristol (oeste da Inglaterra), mostrou também que o méson da década de 1930 era um dos produtos do decaimento ('desintegração') da partícula recém-descoberta (figura 1). Pouco depois, em resultados publicados por esse trio naquele ano (*Nature*, 4 e 11 de outubro), o méson foi rebatizado como méson μ (μ), tendo sua massa também estimada, e o méson de Yukawa denominou-se méson π (π).

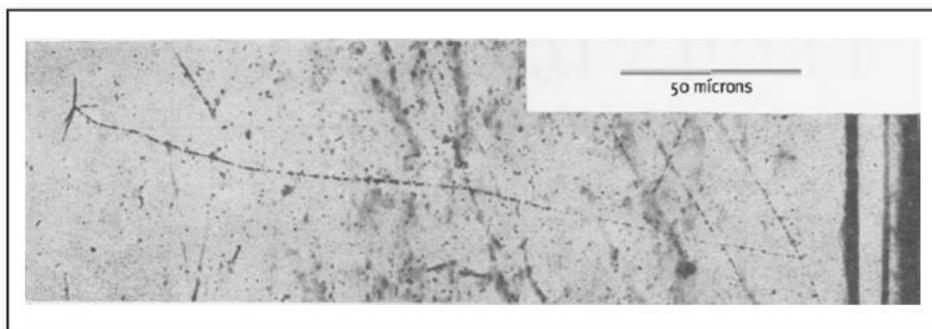


Figura 2. Emulsão nuclear mostra a trajetória de um méson π gerado no acelerador de Berkeley e absorvido por um núcleo atômico. Esse evento foi observado por Lattes e Gardner no início de 1948. O π (no caso, negativo) entra na emulsão pela borda direita, move-se em direção à esquerda, até ser absorvido por um núcleo, que se desintegra, dando origem a uma 'estrela' (alto, à esquerda)

Esses resultados tiveram a maior repercussão no mundo científico, pois dissipavam as incertezas de uma década sobre a natureza do méson (atualmente, sabe-se que o méson μ é, na verdade, um elétron pesado e, portanto, não participa de processos da força forte nuclear). Além disso, confirmaram as idéias de Yukawa, ensejando desdobramentos em domínios nucleares de interesse militar do pós-guerra.

Mais tarde, outros mésons foram descobertos e classificados em categorias, e o méson π ficou na categoria dos píons, mas freqüentemente é chamado por esse nome em lugar do nome de batismo.

Produção artificial

Logo após a descoberta do méson π , foram observadas trajetórias em emulsões nucleares nas quais essas partículas emergiam de núcleos, e outras em que núcleos dos componentes da emulsão fotográfica eram desintegrados quando um π era absorvido por eles (formando figuras que lembram estrelas). Assim, não havia dúvidas quanto à atividade nuclear daquela partícula, mas o número de eventos era escasso e demandava ampliação. Foi quando Lattes recebeu um convite da Universidade da Califórnia para associar-se ao físico norte-americano Eugene Gardner (1913-1950). O objetivo da colaboração, que começou no início de 1948, era produzir o π no cíclotron da universidade.

Embora a máquina se mostrasse teoricamente capaz de atingir o limiar de energia necessário para a formação do π , não foram bem-sucedidas as tentativas de Gardner em quase um ano de trabalhos (o acelerador havia começado a funcionar em 1º de novembro de 1946).

Cíclotrons são máquinas aceleradoras que confinam, por meio de campos magnéticos intensos, em percursos quase circulares, as trajetórias de partículas carregadas que estão sob aceleração. Os raios das trajetórias e a velocidade tangencial das partículas (ou seja, a velocidade de escape que teriam caso o campo magnético fosse desligado) dependem da intensidade do campo magnético.

A aceleração das partículas é produzida por ondas de rádio, que as impulsionam no sentido de aumentar a velocidade tangencial a cada meia volta. A transferência de energia entre as ondas de rádio e as partículas se faz à semelhança do que ocorre com o aquecimento de alimentos em aparelhos domésticos de microondas: o que garante a transferência é um sincronismo entre a freqüência da microonda e a

freqüência natural de vibração das moléculas de água contidas nos alimentos. No caso do ciclotron, esse sincronismo entre a freqüência de vibração das ondas de rádio e o tempo com que as partículas completam uma volta no acelerador é progressivamente perdido. Razão: à medida que as partículas são aceleradas, o raio das trajetórias tende a aumentar. A consequência disso é que aumenta o tempo gasto em cada volta, enquanto a freqüência das ondas de rádio permanece fixa.

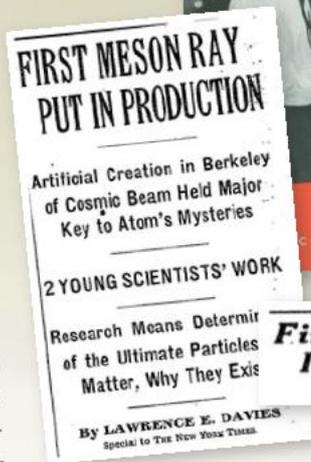
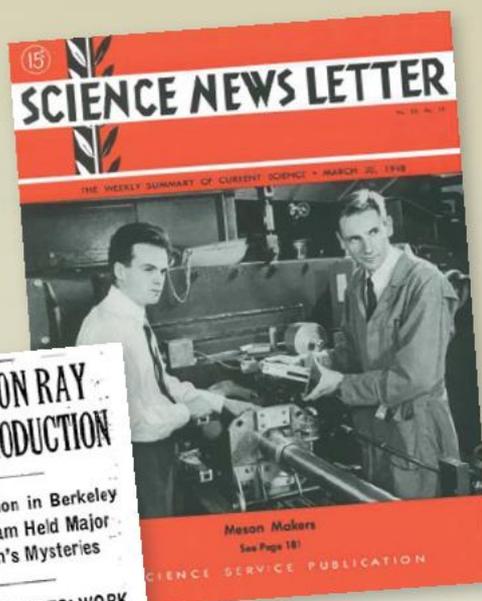
Os engenheiros de Berkeley instalaram no acelerador um dispositivo capaz de restaurar o sincronismo, mas estranhamente o ciclotron parecia não atingir o patamar de energia necessário para produzir o pión. Com a chegada de Lattes, tudo se esclareceu: a máquina atingira o nível de energia necessário e estava, sim, produzindo píons. Por que, então, os mésons pi não eram detectados? Resposta: manipulação inadequada das emulsões nucleares. Vale ressaltar que

Lattes havia ganhado larga experiência na técnica de emulsões nos dois anos que havia passado em Bristol. Em pouco mais de uma semana após sua chegada em Berkeley, o jovem brasileiro, então com 23 anos, soube indicar quais eram as trajetórias dos píons naquelas chapas fotográficas (figura 2).

Assim, a criação de píons (a partir do bombardeio de alvos de carbono com partículas alfa aceleradas no ciclotron) demonstrava brilhantemente a interação nuclear do pión e ao mesmo tempo confirmava o acerto da solução para restaurar o sincronismo. Abria-se, então, um campo ilimitado para a expansão da energia dos ciclotrons (o limite passou a ser o tamanho e o custo das peças relacionadas ao eletroímã, responsável por gerar o campo magnético).

Ernst Lawrence (1901-1958), diretor do laboratório de Berkeley, prêmio Nobel de Física de 1939, homem influente na ciência norte-americana por sua visão, seu caráter empreendedor e sua participação no projeto da bomba atômica, proclamou o fato aos quatro ventos, atraindo a atenção da mídia norte-americana (figura 3) e internacional. Seu esforço promocional pagou os dividendos que desejava: obteve da Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos os fundos necessários para a construção de uma nova máquina, incorporando o dispositivo de restauração de sincronismo, com energia cerca de 60 vezes mais elevada que o maior limite atingido pelo ciclotron tradicional.

Lawrence tomou, assim, a dianteira na construção desse tipo de acelerador (conhecido desde então como sincrociclotron), antecipando a evolução da física



First Meson Cosmic Ray Is Put In Laboratory Production in West

Figura 3. Lattes e Gardner na capa da revista *Science News Letter* (hoje, *Science News*) na época da detecção artificial do méson pi no acelerador da Universidade da Califórnia, em Berkeley (Estados Unidos). O feito teve grande repercussão na imprensa norte-americana e internacional. O jornal *New York Times*, por exemplo, publicou três artigos seguidos (09, 11 e 14/03/48) sobre a detecção em Berkeley – o cabeçalho da reportagem de 09/03 está no destaque. Em 26 de dezembro daquele ano, a produção artificial foi destacada pelo jornal como o grande feito da física de 1948

nuclear da segunda metade do século passado, marcada por copiosa instalação dessas máquinas. Ainda em 1949, Yukawa era contemplado com o prêmio Nobel de Física pela brilhante previsão do pión.

Repercussão no Brasil

No Brasil, os ecos não foram menores. A participação destacada de Lattes, tanto na descoberta quanto na produção artificial do méson pi, contribuiu para fortalecer o projeto do almirante Álvaro Alberto Motta e Silva (1889-1976) para institucionalizar os assuntos nucleares no Brasil. Até então, reiteradas tentativas esbarravam na dimensão modesta da física brasileira, bem como na falta de um nome de indiscutível qualificação para catalisar os vultosos empreendimentos.

Na esteira daqueles eventos, as iniciativas logo se materializaram: em 1949 criava-se o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, no Rio de Janeiro (RJ), com Lattes na direção científica, e, em 1951, o Conselho Nacional de Pesquisas (hoje, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), sob a presidência de Álvaro Alberto.

Ambas as instituições ocuparam a vanguarda da reforma universitária brasileira, participando ativamente da construção do momento de qualidade que hoje desfrutam o ensino superior e a pesquisa científica acadêmica do país.

Alfredo Marques

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (RJ)

Pontes entre as 'duas culturas'

História da ciência no cinema (volumes 1 e 2)

Bernardo Jefferson de Oliveira (Org.)

Belo Horizonte, Argumentum/Scientia UFMG, 189 p. e 160 p., R\$ 33 cada



As universidades modernas congregam departamentos que vão do direito à química, da física às artes visuais, da arquitetura ao teatro. Se por um lado essa interação é interessante para a formação de cidadãos atentos à pluralidade da cultura, por outro termina difundindo métodos de pesquisa, ensino e avaliação que se adaptam mal a campos alheios às ciências naturais. Assim, vemos congressos de artes onde não existem trabalhos artísticos, mas artigos e pôsters expostos como em encontros de químicos. Embora os sistemas de avaliação (a Plataforma Lattes é um bom exemplo) sejam flexíveis, o espaço de destaque em um currículo acadêmico ainda é a tese e o livro. A transmissão escrita do saber ou a transformação do saber em texto permeia a norma.

Nesse contexto, análises interdisciplinares correm riscos difíceis de contornar. E é aqui que começam as virtudes e os problemas destes dois volumes.

Em primeiro lugar, é uma pena que um esforço que envolve número tão elevado de autores não tenha passado por um trabalho editorial, de normatização e de revisão que seriam de se esperar para uma publicação de uni-

versidade de primeira linha. Independentemente do conteúdo (muito desigual) dos textos, não deveríamos ler, como na página 103 do primeiro volume, que o prenome do anatomista Vesalius não é apenas Andreas, mas “Fleming” Andreas.

Pode-se pensar nas relações entre cinema e ciência de pelo menos quatro formas:

1. O cinema tem uma função pedagógica. Isto é, serve como material auxiliar no ensino de um tópico de interesse científico.

2. O cinema funciona como um documento de época, dizendo respeito ao historiador e ao sociólogo da ciência. Nesse caso, ao estudar um tópico de interesse científico (por exemplo, a maneira como são dirigidos laboratórios, ou a presença feminina na ciência), vale a pena analisar os filmes da época em foco e que retratam essas situações.

3. O cinema funciona como um agente social com impacto na ciência. De novo, é tópico de interesse para o sociólogo, e talvez para o educador. Sem dúvida, a imagem da ciência no cinema deve influenciar vocações e criar expectativas. Entendê-la é explorar o imaginário das novas gerações que buscam carreiras científicas.

4. O cinema funciona como uma extrapolação não-acadêmica de tópicos de interesse para a sociologia da ciência. Um texto acadêmico que analisa um aspecto da ciência é diferente de um filme que o faz. Existe ganho de conhecimento, vindo justamente da aplicação da linguagem cinematográfica ao tópico em questão.

Uma virtude que percorre ambos os volumes é o esforço para explorar as possibilidades da primeira relação entre cinema e as ciências naturais. Aspectos da física, das ciências sociais etc. são tratados em vários dos artigos e, em alguns, chegam a aparecer sugestões de uso de filmes em salas de aula, com táticas para tornar suas possibilidades pedagógicas mais eficazes.

As relações (2) e (3) não são propriamente trabalho dos autores e aparecem apenas em citações. A relação (4), a mais complexa e problemática, aparece nos textos sob diferentes formas que cabe examinar mais de perto.

Ao ressaltar a importância do fundador da moderna ficção científica, o inglês H. G. Wells (1866-1946), em contraposição às aventuras de extrapolação do escritor francês Jules Verne (1828-1905), a reformadora socialista inglesa Beatrice Webb escrevia: "... ele é útil para pessoas excessivamente concretas como nós, pois nos fornece generalizações flexíveis que podemos usar como instrumento de pesquisa". Isso permanece verdade e a imaginação ficcional ainda tem muito a dar aos sociólogos, ao lhes trazer novas formas de ver problemas que lhes interessam.

Intervém então a palavra 'forma'. As apresentações que o cinema nos dá de temas de interesse científico são sempre sujeitas a uma forma específica. O mesmo assunto pode ser apresentado por pessoas mais 'duras', como Beatrice Webb faz em forma de texto, ou pode sê-lo em uma pintura, em uma peça de teatro, em um filme ou, mais recentemente, até em um videogame. Cada um apresentará o tema sob uma forma que caracteriza o meio e, sem que essa forma seja explorada, avilta-se o meio, que se transforma em veículo cujas impressões sobre o conteúdo podem ser deixadas em segundo plano. Este é o principal problema desse tipo de estudo interdisciplinar. Perde-se de vista a forma.

Um ou outro texto ressalta que não tem sentido examinar os filmes tendo como orientação as idéias de precisão ou fidelidade ao real, mas raramente vai-se além disso. Em que planos-sequência, música, efeitos sonoros, diálogo, luz, cor, ordem narrativa etc. influenciam um dado conteúdo? Como o aspecto 'produto para consumo em massa' influencia o que vai ser mostrado? Essas táticas (tanto de linguagem quanto de produção e distribuição) estão no cerne do cinema e, se quisermos realmente entendê-lo e não sim-

plesmente usá-lo, elas têm de ser levadas em devida conta. Infelizmente, estudos propriamente sobre cinema estão ausentes das bibliografias e, deduz-se, da atenção dos autores. Sem isso, a análise das obras cinematográficas deixa de ser uma avaliação crítica e passa quase a uma 'certificação' de certos filmes para certos fins (extracinema).

Na introdução ao primeiro volume, o organizador reconhece que o cinema tem, para a ciência, "um grande potencial cognitivo" e que "embora o uso pedagógico de filmes e dos debates que eles propiciam seja bastante disseminado, ainda há poucos estudos sobre esse recurso ou livros que ajudem a incrementá-lo". Premissa desse uso deveria ser o entendimento *per se* do meio. Sem isso, traz-se para o debate um desconhecido que ali se apresenta unicamente para servir de estopim a uma discussão que pouco respeito lhe diz. Conseqüentemente, mesmo a relação (1), a mais destacada nos volumes resenhados, acaba mal explorada.

Os volumes editados por Bernardo Jefferson de Oliveira evidenciam a necessidade de uma visão transdisciplinar, mas apenas arranham a superfície do problema que pretendem discutir, ao deixar em segundo plano a especificidade do meio cinematográfico. Entender essa "outra língua" seria muito mais interessante e ampliador de horizontes para o estudante de ciências que a tentativa de traduzi-la em um maldefinido conceito de utilidade.

Jesus de Paula Assis

Doutor em sociologia da ciência, redator e tradutor, é autor de Artes do videogame (Alameda editorial, 2007) e co-editor da coleção Perfis brasileiros (editora Unesp, 2001-2004)

No jardim das florestas

Miriam Prochnow (org. e ed.)

Rio do Sul, Apremavi, 188 p., R\$ 40 (R\$ 30 para associados)

Como coletar sementes e transformá-las em mudas de árvore? Como recuperar áreas de mata e embelezar paisagens? Como identificar as espécies de árvores nativas do Brasil? Essas são algumas das perguntas respondidas nesta obra, que comemora os 20 anos de atuação da Organização Não-governamental (ONG) e Associação de Preservação do Meio Ambiente do Alto Vale do Itajaí (Apremavi), sediada em rio do Sul (SC). O livro dá seqüência ao trabalho da ONG e fala de seus ideais, de sua filosofia e de sua maneira de trabalhar, bem como dos obstáculos enfrentados e das lições aprendidas nessas duas décadas. O objetivo é estimular e inspirar ações em prol da natureza que contribuam de maneira fundamental para a conservação da mata atlântica e de outros biomas brasileiros.



Guia das tecamebas da bacia do rio Peruaçu: subsídio para a conservação e monitoramento da bacia do rio São Francisco

Maria Beatriz Gomes e Souza

Minas Gerais, Editora UFMG, 159 p., R\$ 38

Seres invisíveis a olho nu que mostram o estado de conservação de rios? Essas são as tecamebas, organismos unicelulares que constroem carapaças usando materiais presentes na água e no sedimento dos corpos d'água. E as tecamebas do rio Peruaçu, no norte de Minas Gerais, acabam de ganhar um guia dedicado a elas. O livro traz resultados de um estudo que mostra, baseado no número e na variedade de espécies de tecamebas, que as nascentes desse rio estão preservadas. A proposta da autora é usar o conhecimento sobre esses organismos (quais espécies indicam a boa qualidade da água e quais mostram um ambiente degradado) em projetos de recuperação e conservação da bacia do rio São Francisco.



Os mais antigos?

Sou biólogo e leitor da *CH*. Adoro a revista. Parabéns pelo trabalho. Gostaria de comentar o artigo 'Uma segunda chance'. Ali é dito que as archaeas seriam os seres mais antigos do planeta e eu aprendi que as bactérias, e não as archaeas, são as mais antigas. As referências são *Biologia celular e molecular*, de L. C. U. Junqueira e J. Carneiro, e *Microbiologia*, de G. J. Tortora. Queria tirar essa dúvida.

Eber Eustáquio Cassimiro
Belo Horizonte, MG

✉ *O leitor está correto.*

Veja resposta do autor do texto citado a outra carta, na CH 248.

Nomes científicos

Gostaria de parabenizar enormemente toda a equipe da *CH* pelo excelente trabalho realizado! Sou bióloga, mestre em botânica, e este já é o segundo ano em que assino a revista. Vocês estão produzindo, de longe, a melhor revista de divulgação científica do Brasil e realizando um grande trabalho de educação! Também estou escrevendo para apontar um erro no texto 'Viajantes clandestinos', na CH 245. Na página 30, o trecho "cracas brasileiras do gênero *Balanus* (das espécies *amphitrite*, *trigonus*, *eburneus* e *improvisus*)" está incorreto. Os nomes científicos das espécies são um binômio (segundo os códigos de nomenclatura) e devem sempre ser escritos com o nome do gênero e da espécie. Na frase acima, o correto seria "cracas brasileiras do gênero *Balanus* (das espécies *B. amphitrite*, *B. trigonus*, *B. eburneus* e *B. improvisus*)". Também no texto 'O reconhecimento da esquistossomose mansoni' (que, aliás, está excelente, parabéns ao autor!), existe a mesma incorreção. Na página 76, onde está escrito "denominada mansoni em homenagem ao mestre escocês", o correto seria "denominada *S. mansoni* em homenagem ao mestre escocês".

Thaís Elias Almeida
Departamento de Botânica,
Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte, MG

✉ *Agradecemos as observações. A leitora está correta. Lembramos, porém, que, nos dois trechos,*



Correção

• A legenda e o crédito da foto publicada na página 77 da CH 248 referem-se à foto acima. A foto publicada, tomada por volta de 1920, deveria ter a seguinte legenda: 'Antigo prédio da Faculdade Nacional de Medicina, no Rio de Janeiro, inaugurado em 1918'. O crédito deveria ser: 'Centro de Documentação da Faculdade de Medicina da UFRJ'.

como o nome do gênero é citado pouco antes, não há necessidade – para a compreensão pelos leitores – de repetir o nome do gênero, ou sua inicial.

Kelvin x celsius

Em minha residência tenho uma pequena coleção da *Ciência Hoje* (do número 1 em diante). E queria dar os parabéns a todas as equipes da *CH* e aos cientistas que fazem desta uma das melhores revistas de divulgação científica do mundo. Creio que exista uma pequena incorreção no número 246, na página 37: "Eles utilizaram um gás formado por átomos de rubídio resfriado a uma temperatura inferior a 170 bilionésimos de kelvin (que corresponde a 103,17 bilionésimos de grau celsius negativos)." Não desejo sorte para vocês, pois sorte quem necessita são os que não têm a competência que vocês demonstram desde o número 1.

Roberto Frankie Correia
São Paulo, SP

✉ *O leitor está correto.*

De fato, 170 bilionésimos de kelvin – correção já publicada na seção 'Cartas' da CH 247 – correspondem a -273,1499983 °C.

Gosto por história

Parabéns pela revista e pela página na internet. Hoje, nos cadastramos, eu e minha esposa. Através do meu ende-

reço eletrônico espero receber muitas matérias sobre história, assunto do qual gosto muito. Mais uma vez, parabéns a todos da redação.

Antonio Carlos Luiz
Por correio eletrônico

Textos perfeitos

Gostaria de parabenizar a redação e a direção da revista pelo belíssimo trabalho de seus profissionais, principalmente os artigos de Andressa Spata, sempre inteligentes, objetivos e sensíveis. Textos perfeitos para todas as idades. Já a revista *CH das Crianças* parece conversar diretamente com os pequeninos e adolescentes, valorizando sua personalidade e incentivando-os a pesquisar, a colaborar, a se sentir importantes em relação ao meio ambiente, à ciência, à escola, à sua casa, com sua família, e principalmente em relação a suas atitudes cotidianas.

Gisela Viana
Colégio Pedro II (Engenho Novo)
Rio de Janeiro, RJ

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

CORREIO ELETRÔNICO:
cienciahoje@cienciahoje.org.br

A escolha do macaco

Marco Moriconi

Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense
moriconi@cienciahoje.org.br



Em 1956, o grupo do psicólogo social Leon Festinger (1919-1989), da Universidade de Yale (Estados Unidos), realizou um experimento que se tornaria um clássico, repetido inúmeras vezes mundo afora, com crianças, adultos e macacos, sempre com resultados consistentes. O experimento original foi feito por um de seus estudantes, Jack Brehm.

Descrição simples do experimento: oferecemos a um macaco jujubas coloridas, até percebermos que ele tem certa preferência por três cores, digamos, azul, vermelha e laranja. Em seguida, oferecemos duas dessas jujubas de cores diferentes (por exemplo, azul e vermelha) e deixamos o macaco escolher uma delas. Suponha que o macaco escolheu a azul. Agora, retiramos a azul, oferecemos a ele a vermelha e a laranja e vemos qual ele escolherá, se a rejeitada da primeira escolha (vermelha, nesse caso) ou a novidade (laranja).

Em cerca de 2/3 das vezes, o macaco escolhe a novidade. Conclusão a que os psicólogos de Yale chegaram: i) a opção rejeitada na primeira escolha (no caso, a jujuba vermelha) fica marcada como 'algo de que não gostamos'; ii) prefere-se a novidade (a jujuba laranja) em vez de 'voltar atrás', escolhendo a rejeitada, o que indicaria que a opção por rejeitar a primeira jujuba (a vermelha) não foi tão ruim assim. Isso explicaria como humanos e outros primatas fazem suas escolhas.

Até pouco tempo atrás, essas conclusões pareciam fazer sentido. Foi aí que entraram em cena os resultados do economista e matemático Keith Chen, da mesma universidade. Ele analisou, no ano passado, o experimento de uma forma um pouco mais cuidadosa e chegou à conclusão de que os resultados poderiam ser explicados meramente por idéias estatísticas.

A análise é surpreendentemente simples. Suponha que o macaco tenha uma ordem de escolha. Por exemplo, a jujuba azul é a favorita; a vermelha, a segunda; e a laranja, a terceira. Escolha duas ao acaso e ofereça ao macaco. Note que temos três modos de fazer isso: a) uma azul e uma vermelha; b) uma azul e uma laranja; c) uma vermelha e uma laranja. Se fizermos a 'oferenda' ao acaso, cada situação ocorrerá em média 1/3 das vezes.

Quando ofertamos uma azul e uma vermelha, o macaco escolhe a azul (sua preferida). Substituindo a azul pela laranja, ele tem que escolher agora entre a vermelha e a laranja, e ele ficará com a vermelha

(a segunda na ordem de preferência). Quando oferecemos de início a azul e a laranja, ele pega a azul, que será substituída pela vermelha. Dessa vez, entre a vermelha e a laranja, ele fica com a vermelha. Finalmente, quando a escolha inicial é entre a vermelha e a laranja, o macaco escolhe a vermelha, que será, então, substituída pela azul. Agora, entre a azul e a laranja, ele preferirá a azul. Vemos, assim, que em 2/3 das vezes, o macaco também decidiu ficar com a 'jujuba novidade'.

Portanto, se supomos que o macaco tem uma ordem de escolha entre as cores diferentes, então o que estamos vendo é simplesmente um fenômeno estatístico que tem mais a ver com a maneira como apresentamos as jujubas ao macaco do que com o modo como ele racionaliza sua escolha.

Assim, segundo Chen, possivelmente centenas de experimentos realizados desde então podem ter sido simplesmente mal interpretados estatisticamente. A explicação tem um paralelo com o famoso problema de Monty Hall, que foi o tema de nossa primeira coluna (ver 'Trocar ou não trocar de porta?' em CH nº 218).

Esse exemplo mostra, mais uma vez, como temos que ser cuidadosos com o uso de raciocínios estatísticos. Mesmo cientistas treinados podem ser vítimas de suas falácias, como, aparentemente, aconteceu nos últimos 50 anos com esse tipo de experimento. Como toda polêmica entre áreas diferentes (nesse caso, entre psicólogos e matemáticos), certamente ainda haverá muita discussão sobre isso. Enquanto não se decidem, quem se dá bem é o macaco. Mais jujuba para ele! ■

DESAFIO

Suponha que, em vez de três, o macaco tenha quatro opções de cores de jujuba. Realizando um experimento análogo ao descrito nesta coluna (ofereça duas cores, descarte a escolhida, acrescente outra e assim por diante), qual a fração dos casos em que o macaco escolheria a última jujuba?

SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

Para uma pessoa com mais de 2 m, podemos escrever a altura dela como sendo $2 + k$, onde k é um número pequeno (por exemplo, menos de 0,3). Para que o IMC dela seja 25, o peso tem que ser de até $25 \times (2 + k)^2 = 25 \times (4 + 4k + k^2)$, que é aproximadamente $100 \times (1 + k)$, ou seja, o peso dessa pessoa tem que ser '100 + os centímetros da altura dela'. Por exemplo, uma pessoa de 2,03 m deveria pesar 103 kg.

Renato Lessa

Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro
e Universidade Federal Fluminense
rlessa@iuperj.br



Soberania nacional

Os jornais têm registrado, nas últimas semanas, a tensão instaurada em torno da reserva indígena Raposa Serra do Sol, em Roraima. Registro recente, problema antigo: o conflito está posto há pelo menos 30 anos e tem como protagonistas índios de diferentes etnias, principalmente macuxis e wapixanas, ocupantes tradicionais da região, e diferentes invasores, principalmente fazendeiros e seus agregados. A reserva, criada no governo Fernando Henrique Cardoso, foi, afinal, demarcada em 2005, pelo atual. A demarcação declara 1,7 milhão de hectares – correspondentes a 7% da área de Roraima – de usufruto exclusivo dos índios que lá vivem.

A questão ganhou maior nervosismo com a intervenção do Comandante Militar da Amazônia, general Augusto Heleno Pereira, que desqualificou a política indigenista do governo e exumou o ‘mantra’ da soberania nacional. Dessa manifestação, digamos, conceitual decorreram outras, de natureza prática, sugerindo que os militares estão dispostos a apoiar os supostos direitos dos ocupantes não-índios da reserva.

Diante do quadro, a comunidade científica, por meio dos antropólogos, vem cumprindo um papel de enorme relevância pública. Ao fazê-lo, revivem uma máxima um tanto esquecida e em desuso pelos cientistas sociais: a de que o conhecimento produzido sobre a sociedade tem como uma de suas dimensões cruciais a perspectiva da intervenção prática. Nesse caso, uma intervenção que visa oferecer à avaliação pública uma possibilidade de análise alternativa aos preconceitos e à indiferença que marcam as formas usuais de lidar com a questão indígena no país.

Entre as manifestações dos antropólogos, cabe destacar artigo de Manuela Carneiro da Cunha, da Universidade de Chicago, em co-autoria com a jurista Ana Valéria Araújo, no jornal *Folha de S. Paulo*, em 26 de abril; a entrevista de Eduardo Viveiros de Castro, do Museu Nacional, no mesmo dia, no caderno ‘Aliás’ do jornal *O Estado de S. Paulo*; e a nota do presidente da Associação Brasileira de Antropologia, Luiz Roberto Cardoso de Oliveira, da Universidade de Brasília, em 8 de maio (disponível em www.abant.org.br/conteudo/oooNOTICIAS/OutrasNoticias/lei.pdf).

www.abant.org.br/conteudo/oooNOTICIAS/OutrasNoticias/lei.pdf).

Em um país que ignora os termos da Constituição, um dos méritos da intervenção dos antropólogos foi o de ter chamado a atenção para o tratamento que a Carta de 1988 confere à “questão indígena”.

Nos artigos 231 e 232, a Constituição define o marco legal no qual se inscreve essa questão. O primeiro garante o reconhecimento aos índios de sua organização social, costumes, crenças e tradições, além dos direitos originários sobre terras que tradicionalmente ocupam, cabendo à União a obrigação de demarcá-las e protegê-las. A expressão “terras tradicionalmente ocupadas pelos índios” tem significado preciso: terras habitadas em caráter permanente e usadas para atividades produtivas, “imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e necessárias a sua reprodução física e cultural, segundo usos, costumes e tradições”. O artigo 232 não é menos importante: reconhece os índios como sujeitos de direito, como partes legítimas para ingressar em juízo em sua defesa.

Além disso, o artigo 20 (inciso XI) define as áreas indígenas como um dos “bens” da União e o artigo 22 (inciso XV) determina que apenas a esta compete legislar sobre assuntos indígenas. Pode-se imaginar o tipo de legislação que seria proposta pela Assembléia Legislativa de Roraima, se dispusesse de tal atribuição.

Está em curso uma grave falácia, a de que a soberania nacional é incompatível com a presença indígena em áreas de fronteira. A tradição brasileira de demarcação de fronteiras demonstra o contrário: por diversas vezes a presença de indígenas brasileiros – sim, brasileiros – foi crucial para o reconhecimento de pretensões territoriais do país. O pior é supor que a ocupação privada, com o que tem de pior – latifúndio associado à predação ambiental – é o que deve sustentar a soberania.

É mais do que hora de entender que não há soberania nacional possível fora do marco legal da Constituição. Os índios de Roraima representam, a um só tempo, seus traços culturais próprios e o estado de direito. ■