

## ASTRONOMIA

Como nasce, vive e morre uma estrela

## HISTÓRIA

Artilharia ineficaz ajudou invasão francesa de 1711

## FÍSICA

As mil e uma aplicações do grafeno

# ARMADILHAS LUMINOSAS

Pesca descarta material tóxico nas praias



# Sinal de alerta

**O descarte inadequado** de objetos e instrumentos usados por barcos e navios de pesca vem poluindo a costa brasileira, com prejuízos ainda não totalmente quantificados. Às redes de pesca, armadilhas e anzóis perdidos ou abandonados, responsáveis pela morte acidental de animais e pessoas, somam-se agora os milhares de bastões de luz, ou atratores luminosos, utilizados em técnicas avançadas de pesca, em águas escuras. Só no litoral norte da Bahia, foram recolhidos, ao longo de 90 km de costa, cerca de 7 mil desses dispositivos. Os bastões de plástico contêm um líquido oleoso luminescente (capaz de emitir luz a partir de reações químicas) que é tóxico tanto para os organismos marinhos quanto para o ser humano.

As pesquisas feitas em laboratório com esse material concluíram que o óleo luminescente causa alterações em proteínas e no DNA das células, prejudicando as funções das mesmas e podendo inclusive matá-las.

Mas o perigo não para por aí. Pescadores e catadores de lixo vêm ‘criando’ novas aplicações para os atratores luminosos: de formicida e óleo de bronzamento a medicamentos para dores nas juntas, inflamações e vitiligo. A população não tem ideia dos riscos a que está se expondo ao usar essa falsa panaceia. Além de tóxico para as células, o líquido dos bastões pode provocar alergias, mutações e câncer.

Adereços luminosos desse tipo (braceletes, colares e outros) são também comercializados em festas, sendo utilizados até por crianças, e não há qualquer preocupação com o seu manuseio ou o seu descarte.

Parece urgente, portanto, promover uma campanha de divulgação e educação dos habitantes da costa, assim como fiscalizar e punir os responsáveis por esse lixo. Cabe também às autoridades implantar um método de coleta seletiva que permita dar um destino adequado a esses bastões. Trata-se de um crime ambiental grave que pode e deve ser evitado.

*A redação*



**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 Gurfield  
**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, Marcella Hucho e Mariana Ferraz; **Colaboraram neste número** • Henrique Kugler, Isabela Fraga e Thaís Schneider; **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 Viviani e Raquel P. Teixeira; **Computação Gráfica** • Luiz Baltar; (ampersand@ampersanddesign.com.br); **Diagramação** • João Gabriel Magalhães

**SUCURSAIS**

**SUL** • Curitiba • Correspondente • Roberto Barros de Carvalho (chsul@ufrpr.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

**SÃO PAULO** • Correspondente • Vera Rita Costa (verarita@cienciahoje.org.br). Tel.: (0xx13) 9756-0848

**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 Bahri

**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

## 42 Atratores luminosos: poluição na costa brasileira

Milhares de atratores luminosos, ou bastões de luz, são descartados na costa brasileira por navios pesqueiros. O líquido que os bastões contêm é perigoso para muitos organismos, até para o ser humano: provoca danos genéticos e altera funções das células.

Por **Etelvino J. H. Bechara, Ana Paula M. Loureiro, Amanda L. M. Silva, Raquel Bagattini, Cassius V. Stevani, Ivan P. de Arruda Campos e Fabiano P. Barretto**

## 20 Nascimento, vida e morte das estrelas

A vida existe porque existe a luz do Sol, a nossa estrela. Apesar disso, muitas vezes achamos que as estrelas servem apenas para alimentar nossos sonhos. Conhecer como elas nascem, vivem e morrem ajuda a compreender como a vida (inclusive a humana) surgiu.

Por **José Renan de Medeiros**

## 26 Alerta vermelho! Caburé na área!

O estudo das corujas vem revelando aspectos importantes do comportamento animal. O caburé, pequena coruja que caça outras aves, desperta atitudes de defesa que podem unir várias outras espécies.

Por **Filipe C. R. da Cunha, Marcelo F. de Vasconcelos e Gustav V. A. Specht**





Capa: Foto Global Garbage



## 30 A invasão francesa em 1711 e o despreparo da artilharia portuguesa

As defesas da baía da Guanabara foram pouco eficientes quando o corsário francês René Duguay-Trouin invadiu o Rio de Janeiro, em 1711. As razões da facilidade encontrada pelo invasor podem ser buscadas na história militar luso-brasileira.

Por **Ricardo Vieira Martins**

## 36 Rabiscando a eletrônica com o grafeno

Uma fita adesiva grudada sobre alguns riscos feitos com lápis retirará do papel um material muito valioso: o grafeno. Embora de uso recente na eletrônica, esse material já conta com um número respeitável de aplicações tecnológicas.

Por **Adalberto Fazzio, Thiago B. Martins e Antônio J. R. da Silva**

### O LEITOR PERGUNTA

- 4 O novo acordo ortográfico abole o trema. A regra vale também para termos de origem tupi, como sagüi e Barigüi?
- 4 Como funcionam os radares de trânsito?
- 5 A quantidade de cloro em uma porção de água diminui quando a fervemos?
- 5 Qual a função do bocal de Laval na estrutura dos foguetes?

### ENTREVISTA

- 6 **Franck Carcenac**  
**Desafios éticos das nanotecnologias**  
Engenheiro francês discute o futuro de campo científico promissor

### A PROPOSITO

- 9 **Câncer, sexo e Darwin**  
Biotecnologia pode eliminar genes da doença e mudar comportamento

### MUNDO DE CIÊNCIA

- 10 **Mudanças climáticas: mil anos de duração?**  
Reversão do aquecimento global demorará muito, mesmo sem emissões

### EM DIA

- 49 **Cemitério de navios**  
Levantamento estuda embarcações naufragadas na costa gaúcha
- 52 **Exploração sustentável**  
Método facilita identificação de espécies de tubarões na costa brasileira
- 53 **O limite da lei**  
Fórum debate pirataria e falhas na legislação sobre direitos autorais
- 54 **Magia do século 15**  
Transcrito guia astrológico com característica linguística peculiar
- 56 **Mar adentro**  
Avanço das construções litorâneas provoca erosão costeira em Recife
- 58 **Redefinindo a Amazônia**  
Nova técnica mapeia diferentes ambientes existentes na Região
- 60 **Movidos a lixo**  
Óleo de cozinha e caixa de gordura podem ser fontes de biodiesel
- 62 **Pesca-fantasma nos mares**  
Material perdido ou abandonado por barcos pesqueiros causa prejuízos
- 64 **Pesquisa de peso**  
Com ciência de fronteira, Inmetro fornece apoio à indústria e ao governo
- 66 **De coadjuvante a protagonista**  
Ativação excessiva de enzima pode estar associada a várias doenças

### OPINIÃO

- 70 **'Diálogo de surdos': expressão preconceituosa**  
Língua brasileira de sinais permite plena expressão de ideias e emoções

### ENSAIO

- 72 **Menstruação: outra perspectiva é possível**  
Evolução da perda periódica de sangue é debatida pelos cientistas

### MEMÓRIA

- 74 **Prelúdio para O capital**  
Marx, há 150 anos, publicava seu primeiro livro sobre economia política

### RESENHA

- 76 **A matemática da simetria**  
Resenha do livro *A equação que ninguém conseguia resolver*, de Mario Livio

### CARTAS

78

### QUAL O PROBLEMA?

- 79 **Três irmãs**  
Informações não matemáticas ajudam a resolver um curioso enigma

### SOBRE HUMANOS

- 80 **Linchamentos**  
Fenômeno está associado a condições sociais e descrença na Justiça

## ? O novo acordo ortográfico abole o **trema**, que só será usado em palavras estrangeiras. A regra vale também para termos de origem **tupi**, como **sagüi** e **Barigüi**?

MARCO AURÉLIO RODRIGUES, CURITIBA (POR CORREIO ELETRÔNICO)

Para esclarecer a dúvida, temos de voltar ao texto do acordo ortográfico. Na sua Base XIV, está dito que “o trema é inteiramente suprimido de palavras portuguesas ou aportuguesadas”. Nossa ortografia deixa, portanto, de usar esse sinal diacrítico. No entanto, nessa mesma Base, uma observação diz que se conserva o trema em palavras derivadas de nomes próprios estrangeiros, como hübneriano (de Hübner) e mülleriano (de Müller). A ressalva é muito específica e de uso muito restrito: ela não vale para todas as palavras estrangeiras, mas apenas para as derivadas de nomes próprios estrangeiros.

Essa ressalva decorre de um princípio mais geral estipulado pelo acordo na sua Base I, item 3º. Ele estabelece que se mantêm nos vocábulos derivados de nomes próprios estrangeiros “quaisquer combinações gráficas ou sinais diacríticos não peculiares à nossa escrita que figurem nesses nomes”. São exemplos as palavras comtista (derivada do sobrenome do filósofo francês Auguste Comte), garrettiano (do sobrenome do escritor português Almeida Garrett) ou shakespeariano (do sobrenome do dramaturgo inglês Shakespeare). Esse princípio não é novo. O Formulário Ortográfico Brasileiro de 1943 já estipulava isso na sua Base II, 8.

Por fim, é preciso esclarecer que palavras oriundas de línguas indígenas e incorporadas no léxico da língua portuguesa não são ‘estrangeiras’. Os povos indígenas foram e são constitutivos de nossa nacionalidade e, portanto, de nossa língua. Moral da história: palavras como *sagui*, *Barigui* e assemelhadas passam a ser grafadas sem o trema.

**Carlos Alberto Faraco**

Programa de Pós-graduação em Letras, Universidade Federal do Paraná

FOTO LUIZ BAUTAR



## ? Como funcionam os **radars** de trânsito? Que mecanismo permite detectar a **velocidade** dos veículos?

TÂNIA OLIVEIRA, POR CORREIO ELETRÔNICO

O ‘radar’ usado nas cidades (conhecido também como ‘pardal’) não é, na verdade, um radar, mas um sensor localizado no chão trabalhando em conjunto com uma câmera digital e um *flash*. Trata-se de uma bobina enterrada debaixo do asfalto, exatamente nas faixas em que passam os carros. A bobina é dupla e detecta a presença de um material ferromagnético, ou seja, um veículo. A distância entre as bobinas dividida pelo tempo de passagem do carro entre elas aponta a velocidade do veículo. Se esta for superior à velocidade registrada na memória do computador, o *flash* dispara e uma foto da placa do carro é tirada. O resto você já sabe: a foto segue para o Departamento Estadual de Trânsito (Detran), que envia a multa para o motorista infrator. O valor da

multa é dividido entre a empresa responsável pelo sensor e o Detran, sendo que a maior parte vai para a primeira para estimulá-la a manter o mecanismo ligado e afinado, isto é, em boas condições de funcionamento.

Existe também o radar portátil. Este, sim, é um radar de verdade, que mede a velocidade dos veículos por meio de um fenômeno físico natural chamado de efeito Doppler. O físico austríaco Christian Doppler (1803-1853) descreveu esse efeito, em que o comprimento de onda observado é maior ou menor conforme sua fonte se afaste ou se aproxime do observador. Podemos perceber isso no nosso cotidiano: quando estamos parados ao lado de uma estrada e passa uma ambulância com a sirene ligada, nota-

mos que enquanto ela se aproxima de nós o som é mais agudo (a frequência é maior) e enquanto ela se afasta o som é mais grave (a frequência é menor).

O modelo matemático baseado nessa constatação é usado no radar: este envia um sinal de rádio na direção do veículo e de-pois capta a reflexão (nesse veículo) do sinal, que retorna ao aparelho com uma frequência diferente, proporcional à velocidade do carro. Um sistema eletrônico no radar mede essa frequência e calcula, com base no valor obtido, a velocidade do veículo.

**Marcelo Martins Werneck**

Departamento de Eletrônica,  
Escola Politécnica,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

FOTO RAQUEL TEX

## ? A quantidade de cloro em uma porção de água diminui quando a fervemos?

IVETE A. NICOLAU, BELO HORIZONTE/MG

O cloro adicionado à água como desinfetante não deve ser confundido com o elemento cloro ( $\text{Cl}_2$ ), um gás levemente esverdeado. Quando se lê a expressão 'cloro ativo' no rótulo de um produto (geralmente alvejantes e material de limpeza), quando se adicionam tabletes de 'cloro em pó' em piscinas ou quando se misturam gotas de uma solução de 'cloro' na água para purificá-la, em todos esses casos o componente real é o hipoclorito. As soluções de água sanitária usadas como alvejante têm como componente principal o hipoclorito de sódio, usado também para matar micro-organismos da água durante tratamento para torná-la potável.

Obtém-se hipoclorito misturando-se gás cloro com uma solução de hidróxido de sódio. Na reação, formam-se cloreto de sódio (sal de cozinha) e hipoclorito de sódio. No rótulo da água sanitária, repare que outro componente é o próprio hidróxido de sódio (soda cáustica), nela presente em excesso para estabilizar o hipoclorito. O hipoclorito de sódio decompõe-se com o tempo, mesmo à temperatura ambiente. A velocidade dessa reação de decomposição, como a maioria das reações químicas, varia com a temperatura e com a concentração das substâncias que estão reagindo. Quanto maior a temperatura e a concentração dos reagentes, maior a velocidade da reação.

No caso da água comum clorada de torneira, quando a fervemos, aceleramos a velocidade da reação de decomposição do hipoclorito. Nela há uma concentração de hipoclorito muito mais baixa do que na água sanitária, o que torna a reação mais lenta; mas ao mesmo tempo há muito menos hipoclorito para reagir.

Então, se fervemos a água de 5 a 10 minutos, por exemplo, a concentração de hipoclorito após o processo será provavelmente muito baixa. Um modo de verificar se a água está de fato livre de hipoclorito é testar com uma solução de iodeto de potássio. Essa solução é incolor, mas, ao reagir com o hipoclorito, produz iodo ( $\text{I}_2$ ), que dá à água uma coloração marrom. Existem reagentes específicos que são adicionados à água com a finalidade de eliminar o hipoclorito; por exemplo, na água usada em aquário com peixes.

**Alfredo Luis Mateus**

Colégio Técnico,

Universidade Federal de Minas Gerais



## ? Qual a função do bocal de Laval na estrutura dos foguetes?

LUÍS PAULO PARADISO, POR CORREIO ELETRÔNICO

O bocal ou tubeira de Laval é um dispositivo, localizado na parte posterior dos foguetes, que tem a função de acelerar os gases produzidos na câmara de combustão do motor para que atinjam velocidades supersônicas, contribuindo para formar o empuxo – a força propulsora.

Projetado em 1888 pelo engenheiro sueco Carl Gustaf Patrick de Laval (1845-1913), o dispositivo é composto basicamente por dois segmentos distintos, um convergente, que recebe os gases quentes gerados pela queima do combustível e os força a passar por uma abertura mais estreita, e um divergente, que permite a expansão rápida desses gases, o que faz com que adquiram velocidades capazes de impulsionar o foguete. As tubeiras modernas, utilizadas na maioria dos foguetes espaciais lançados atualmente, inclusive no Veículo Lançador de Satélites (VLS) brasileiro, e também nos mísseis balísticos militares, são fabricadas com um composto de fibra de carbono embebida em um tipo especial de resina química.

**Paulo Moraes Jr.**

Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE)



CARTAS À REDAÇÃO

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

**CORREIO ELETRÔNICO:**  
cienciahoje@cienciahoje.org.br

# DESAFIOS ÉTICOS DAS NANOTECNOLOGIAS



**Franck Carcenac**

Cada vez mais presente em nosso cotidiano, agregando novos produtos ou trazendo mais conforto e segurança à utilização de outros já conhecidos, a nanotecnologia – área que liga itens tão diversos como sistemas para produção de energia limpa, bloqueadores solares, *pen drives* e cartões de memória – parece ser mais do que uma técnica aplicada à manipulação de objetos minúsculos, da ordem da milionésima parte do milímetro (isso explica o uso do prefixo grego “nano”, que significa “anão”). A nanotecnologia tem se revelado um novo e promissor campo de estudo e é a grande estrela da chamada nova revolução industrial.

Ainda assim, nem tudo é consenso quando se trata da explosão nanotecnológica. Eventuais impactos sociais e ambientais do uso da nova tecnologia, bem como riscos à saúde e à segurança humana ainda alimentam muitos debates sobre os limites éticos que devem condicionar os avanços tecnológicos.

No final do ano passado, o engenheiro e especialista em micro e nanolitografia Franck Carcenac, do Laboratório de Análise e Arquitetura de Sistemas, do Centro Nacional de Pesquisas Científicas (LAAS/CNRS), em Toulouse (França), foi convidado pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) para participar, como palestrante, pelo segundo ano consecutivo, da Escola de Nanofabricação do CBPF. Na oportunidade, falou com exclusividade à *Ciência Hoje* sobre diversas questões relacionadas à expansão e ao futuro da nanotecnologia.

**Dayse Lima**

Especial para *Ciência Hoje/RJ*

**Luiz Sampaio**

Grupo de Nanociência, CBPF  
e Coordenador da Escola de Nanofabricação

**A expansão das pesquisas em nanomateriais veio acompanhada de uma grande preocupação com os impactos sociais e ambientais decorrentes dos usos e aplicações da nanotecnologia. Quais são, na sua avaliação, as ameaças mais imediatas ao meio ambiente, à saúde humana e aos sistemas socioeconômicos trazidas pela revolução nanotecnológica?**

As primeiras ameaças são resultado do desconhecimento da sociedade sobre o tema e sobre os riscos da nanotecnologia. Essas são as causas de todos os fantasmas e do desenvolvimento de medos infundados e pouco razoáveis. A maior parte dos estudos relacionados aos riscos 'nano' diz respeito aos novos materiais produzidos pelo homem, como o dióxido de titânio, utilizado nos cosméticos, ou os nanotubos de carbono empregados nos materiais compósitos, ou ainda as partículas de silício, aplicadas ao cimento. E os resultados desses estudos ainda são poucos. A falta de conhecimento científico é muito grande.

Entretanto, a própria natureza produz nanomateriais (que resultam, por exemplo, de incêndios espontâneos, vulcões, erosão dos solos), e o homem os produz há pelo menos 100 mil anos em todos os processos de combustão. Esses materiais são encontrados na atmosfera e seus efeitos prejudiciais são constatados depois de longo tempo, quando somos submetidos a fortes concentrações de poluentes.

Os riscos trazidos pelos nanomateriais são contrabalançados com todos os benefícios que eles potencialmente proporcionam: aumento do rendimento nos painéis de energia solar, uso como biocaptadores ultrasensíveis para detecção precoce de câncer, entre outros.

Em vez de ameaças socioeconômicas, é preferível falar de impactos, porque certos aspectos são positivos e outros negativos: as sociedades em que vivemos devem ser informadas sobre esses aspectos para que possam fazer uma escolha que seja compatível com seu desenvolvimento sustentável. É bastante animador ver que o Brasil está dando atenção a questões científicas que estimulam o envolvimento da sociedade.

**Os riscos potenciais da nanotecnologia têm alimentado um grande debate sobre quais os limites éticos que devem condicionar o desenvolvimento tecnológico. Em que ponto está essa discussão e quais têm sido, na sua avaliação, os avanços no sentido de estabelecer controles sobre os resultados, efeitos e tendências da nanotecnologia?**

O primeiro limite ético esbarra na definição 'correta' de nanotecnologia: é uma ciência, como a física, a química ou a biologia? Ou é apenas uma tecnologia

ou uma aplicação da ciência em escala nanométrica? A resposta a essa questão não é sempre a mesma, dependendo do país ou mesmo dos grupos de pesquisa que se debruçam sobre ela. Isso faz com que os debates atuais se desenrolem em duas grandes vertentes.

A primeira se baseia em um raciocínio simples: embora a natureza seja construída a partir de átomos, ela não é 'perfeita'. Seguindo esse raciocínio, poder controlar por meio das nanotecnologias a fabricação de objetos, átomo a átomo, abre a possibilidade de construí-los com novas funcionalidades em relação às estruturas encontradas na natureza.

A segunda vertente considera a natureza como o melhor 'engenheiro' que possa existir: é fruto da evolução. As nanotecnologias consistem então em 'encaixar' os tijolos nanométricos produzidos pela natureza para construir novos objetos compatíveis com a natureza que os produziu.

Considerar diferentes possibilidades para compreender a nanotecnologia faz com que se desenhem diferentes contornos para o papel desempenhado pelo homem frente à natureza. A principal conse-

**Estudos conduzidos por governos de diferentes países estimularam a criação de programas de pesquisa sobre os impactos da nanotecnologia, que resultaram em recomendações sobre a fabricação, o transporte, a utilização e o descarte de nanomateriais**

quência desse entendimento foi uma tomada de consciência mundial sobre os impactos e riscos trazidos pela nova tecnologia. Estudos conduzidos por governos de diferentes países estimularam a criação de programas de pesquisa sobre esses impactos que resultaram em recomendações sobre a fabricação, o transporte, a utilização e o descarte de nanomateriais.

Os pesquisadores estão envolvidos agora com o estudo desses riscos, das maneiras de diminuí-los para torná-los aceitáveis, com a divulgação dos seus resultados, bem como com a popularização das nanotecnologias. Isso deve permitir que o público e os representantes dos diversos setores de ação política (ambiental, econômico, de pesquisa e desenvolvimento) tenham maior consciência e liberdade nas suas escolhas. ▶

### **A manipulação e a fabricação de nanoestruturas em laboratório também comportam riscos à saúde e ao meio ambiente? Em caso afirmativo, que técnicas eventualmente reduziriam esses riscos?**

Sim. Elas comportam riscos, assim como a manipulação e a fabricação de produtos químicos. No entanto, se o laboratório não fabricar ou utilizar os nanomateriais em grande quantidade e seguir as regras elementares de prevenção e de proteção, não há riscos maiores para a saúde ou para o meio ambiente.

### **Quanto à regulação do setor, se os cientistas não cuidarem desse aspecto, a arbitrariedade vai tomar o lugar da razão**

### **A partir de seu contato com estudantes e jovens pesquisadores brasileiros, considera importante e oportuno que tópicos como a regulação da área de nanotecnologia e a dimensão ética das inovações trazidas pela nanociência estejam previstos na grade curricular?**

Eu enfatizei a dimensão ética da nanotecnologia nas minhas duas participações na Escola de Nanofabricação, do CBPF, porque penso que é uma dimensão indispensável na construção de espíritos científicos esclarecidos. Quanto à regulação do setor, se os cientistas não cuidarem desse aspecto, a arbitrariedade vai tomar o lugar da razão: nesse caso, o que é mais eficaz que abordá-la na Escola e fora dela, integrando-a em um curso universitário? Na França, nós seguimos as evoluções das regulamentações francesa e europeia, baseadas em pesquisas de opinião, estudos e recomendações das agências nacionais ou europeias. Seria interessante que os estudantes brasileiros tivessem reproduzidas as mesmas informações

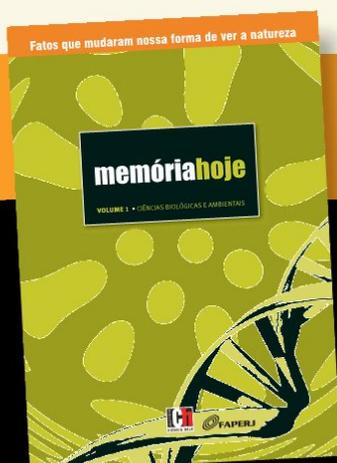
providas pelo governo de seu país. O compartilhamento de informações sobre nanomateriais no mundo seria muito benéfico para a humanidade como um todo. O trabalho é imenso, e programas internacionais de investigação seriam bem-vindos.

### **Em sua opinião, além das técnicas de fabricação de nanoestruturas, que outros conhecimentos deveriam fazer parte da formação de 'nanocientistas' brasileiros? Como é essa formação na França?**

A técnica é um dos aspectos da nanofabricação, mas as ciências (física, química, ciências da vida, ciências humanas...), com seus diferentes aspectos, devem paralelamente ser abordadas. Esse equilíbrio não pode ser alcançado sem que os conhecimentos de fundo sejam adquiridos durante a formação básica do pesquisador, antes da extensão e da abertura ao mundo, bastante vasto, das nanociências.

É o que acontece na França, não apenas na universidade, mas também no ano precedente à entrada na graduação (no caso de Toulouse), para inspirar vocações científicas, que vêm perdendo o fôlego. Os doutorandos em nanociências e nanofabricação oferecem cursos a esses alunos, bem como a seus professores. Em uma etapa seguinte, os professores assim formados poderão ser autônomos no ensino de 'nanos'.

A formação e a informação tomam outras vias também. Organizamos muitas visitas a laboratórios, para divulgar e dar informação concreta sobre nanociência a vários tipos de público. Com o apoio de um projeto europeu, organizamos uma semana de curso conjugado com uma semana de trabalhos práticos para permitir a jovens doutorandos dos diferentes parceiros desse projeto lidar com os aspectos científicos das nanociências e com as realidades práticas da nanofabricação. Ainda no âmbito desse mesmo projeto, produzimos uma animação multilíngue dirigida a estudantes de 11 a 14 anos. Há muitas coisas a fazer e a partilhar. ■



## CONHEÇA NESTE LIVRO OS FATOS QUE MUDARAM NOSSA FORMA DE VER A NATUREZA

- GÁS HILARIANTE
- REFLEXO CONDICIONADO
- MENTE ELÉTRICA
- A FUNÇÃO DOS ANTICORPOS
- A ORIGEM DAS ESPÉCIES
- CONTINENTES À DERIVA
- REGISTROS DO RITMO CARDÍACO ...

PEÇA JÁ SEU EXEMPLAR 0800 727 8999 [www.cienciahoje.org.br](http://www.cienciahoje.org.br)

# Câncer, sexo e Darwin

**Franklin Rumjanek**

Instituto de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro

franklin@bioqmed.ufrj.br



O câncer, como doença humana, talvez tenha a idade da própria humanidade. Os registros históricos mais antigos, porém, foram encontrados em múmias egípcias com mais de 3 mil anos. A doença foi 'batizada' pelo médico grego Hipócrates (c.460-c.377 a.C.), que associou a forma dos tumores com as patas de um caranguejo e deu a ela o nome desse animal ('carcinus', em grego, que equivale a 'cancer', em latim).

Embora a doença já fosse conhecida há muito tempo, a determinação de suas causas (sua etiologia) teve que esperar a descoberta dos genes e do DNA. Sabe-se hoje que alterações cumulativas na estrutura do DNA (mutações) produzem proteínas defeituosas que comprometem vários processos celulares, em especial os envolvidos no controle da proliferação celular. Células que perdem essa regulação se multiplicam de modo desordenado e formam tumores. Em muitos casos, células anormais desprendem-se do tumor primário e colonizam outras partes do organismo, em um processo conhecido como metástase – característica que define a malignidade de um tumor.

O câncer pode surgir em decorrência de mutações no DNA de qualquer tecido. Quando as mutações afetam o genoma de células germinativas (espermatozoides e ovos), os defeitos são transmitidos para os descendentes. Esse é o câncer familiar. Fatores ambientais também podem gerar mutações no DNA e produzir o chamado câncer esporádico. Este já havia sido reconhecido há muito tempo graças a estudos epidemiológicos que mostram diferenças populacionais na incidência e no tipo da doença. Já em 1761, por exemplo, o médico Inglês John Hill (1714-1775) mostrou a existência de uma relação direta entre o consumo de rapé e a frequência de câncer nasal. Sabemos ainda que os japoneses sofrem mais de câncer do aparelho digestório, o que pode estar ligado ao tipo de alimentação. Já o Brasil está entre os países líderes em câncer de pênis e de colo do útero. A incidência de câncer do pulmão em mineiros e fumantes também exibe clara associação de causa e efeito.

No caso do câncer esporádico, torna-se possível, uma vez conhecida a causa, organizar campanhas

preventivas. Isso foi e está sendo feito em muitos casos. Dentro do possível, novos materiais vêm substituindo aqueles que contêm substâncias notoriamente carcinogênicas e busca-se alertar as pessoas para que modifiquem hábitos predisponentes ao câncer, adaptando seu estilo de vida a práticas que evitam estímulos ambientais nocivos.

No caso do câncer familiar, a coisa é mais complicada. Embora o acervo tecnológico atual já permita sofisticadas manipulações do DNA, ainda é muito difícil intervir no genoma dos gametas de pessoas afetadas para corrigir ou eliminar as mutações deletérias. Nesse contexto, foi relatado recentemente o caso de um embrião usado em fertilização *in vitro* que, antes da implantação no útero, foi examinado para investigar a presença de mutações em um gene associado, estatisticamente, ao câncer de mama. Esse procedimento pode representar o início de uma nova tendência de prevenção do câncer familiar e outras doenças hereditárias, mas ainda não se pode aplicar essa triagem em larga escala. É preciso lembrar também que, para muitos tipos de câncer, não se sabe quantos genes e quantas mutações estão envolvidos. Portanto, será preciso aguardar os novos avanços na biotecnologia e a disseminação das práticas dela resultantes.

Normalmente, defeitos nos genes que podem levar seus portadores à morte são eliminados por meio da seleção natural. Mas, para que a evolução ocorra, as pessoas com essas mutações deveriam morrer antes da idade reprodutiva. Essa seleção seria claramente ineficaz no caso do câncer familiar. Entretanto, se de fato aceitamos plenamente os preceitos de Charles Darwin, juntamente com o altruísmo implícito em sua teoria, aliado à biotecnologia da reprodução *in vitro* iminente, nossa opção para o futuro é restringir as relações sexuais puramente ao cenário recreativo. ■

O acervo tecnológico já permite a triagem de defeitos de genes potencialmente causadores de câncer

# Mudanças climáticas: mil anos de duração?

O aquecimento global está aqui para ficar. E a frase não é força de expressão.

Surgiram evidências de que, mesmo que cessem, antes do final deste século, as emissões de gás carbônico, um forte aquecimento global irá perdurar por cerca de mil anos. Isso mostra a possibilidade de que, caso nenhuma ação seja tomada agora, os danos climáticos causados ao planeta nas próximas décadas sejam irreversíveis até, pelo menos, o ano 3000. O modelo ainda indica que as consequências para o Brasil seriam severas. O artigo está em *PNAS* (v. 106, n. 6, pp. 1.704-1.709, 2009).

Entre as grandes questões científicas atuais está a estimativa da magnitude das alterações climáticas globais. E a reboque dessa questão vêm outras: Quais serão os reais efeitos dessas alterações? Quanto tempo esses efeitos irão perdurar? Eles serão irreversíveis?

Agora, um importante artigo de Susan Solomon, coordenadora do Grupo de Trabalho 1 do IPCC (sigla, em inglês, para Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), lida com essas questões e analisa os efeitos climáticos planetários com base na elevação de temperatura, na alteração do ciclo hidrológico e no aumento esperado do nível do mar para os próximos mil anos.

O último relatório do IPCC, de 2007, analisa as estimativas de mudanças climáticas para os próximos 100 anos. Mas esse novo trabalho avalia os impactos em um cenário climático muito mais estendido, que chega ao próximo milênio. Os resultados mostram uma alteração climática grande e duradoura.

As concentrações atmosféricas de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) – o mais importante no aquecimento glo-

bal – estavam em cerca de 280 ppm (partes por milhão) antes do início da queima maciça de combustíveis fósseis e da destruição acelerada de florestas. Atualmente, essas concentrações estão em 385 ppm, crescendo a uma taxa de 2% ao ano.

O trabalho da equipe de Solomon, pesquisadora da Agência Nacional de Oceanos e Atmosfera (Estados Unidos), assume que as concentrações de CO<sub>2</sub> crescerão com aqueles 2% ao ano até certo nível de concentração, que vai de 450 ppm a 1.200 ppm. A partir daí, as emissões seriam zeradas completamente. Ou seja, não se emitiria mais gás carbônico na atmosfera.

A surpresa é que, após mil anos sem emissões, as concentrações não voltariam ao nível original, mas somente a cerca de 60% do valor máximo. A figura 1 mostra os diferentes cenários de emissões de CO<sub>2</sub> assumidos pela equipe de Solomon. O cenário mais provável é talvez aquele em que as concentrações atingem de 550 a 650 ppm. E, a partir daí, fortes políticas de reduções de emissões seriam implantadas.

Os efeitos dessas emissões de CO<sub>2</sub> foram avaliados em termos de aumento da temperatura, e a figura 2 ilustra os resultados do modelo. Um aquecimento de 2,5°C a 4°C é previsto, resultado similar aos dos modelos originais do IPCC. Aqui, a surpresa é que, mesmo que cessem as emissões antes do final deste século, o forte aquecimento irá adentrar o próximo milênio. Pior: pratica-

Erosão causada pelo avanço do mar na localidade de Barreiras, no município de Icapuí, um dos pontos mais atingidos pelo fenômeno que já afetou pelo menos três praias do litoral do Ceará. Casas, coqueiros e ruas desapareceram por causa da força das marés

FOTO DE JORGE ARAÚJO/FOLHA IMAGEM

mente nos mesmos níveis. Isso mostra a possibilidade de irreversibilidade das mudanças climáticas no período estimado de mil anos, no mínimo. Uma das razões para isso é que o processo de absorção do calor adicional pelos oceanos é muito lento.

Os impactos na redução de chuva são importantes. Considerando a diminuição da precipitação em áreas subtropicais, como partes do Brasil, a análise indica forte redução da chuva no Nordeste e na região central do país, especialmente na estação seca, resultado já obtido por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, em São José dos Campos (SP).

Solomon e colegas também analisam outro aspecto importante para o Brasil: o possível aumento no nível dos oceanos devido à dilatação da água em resposta à absorção de calor. O estudo indica que o aumento médio do nível do mar pode ser de 1 m, podendo atingir 2 m no cenário mais pessimista. Se adicionarmos a esses valores o possível derretimento parcial da Groenlândia, Antártica e das geleiras, o significativo aumento esperado do nível do mar pode trazer efeitos irreversíveis nas áreas costeiras e um custo socioeconômico importante para todo o planeta.

Vale salientar que o estudo leva em conta apenas o papel do CO<sub>2</sub> para o efeito estufa (aprisionamento anormal do calor pela atmosfera terrestre). A adição dos demais gases, como o metano (CH<sub>4</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), o ozônio (O<sub>3</sub>), entre outros, somente faz os cenários piorar do ponto de vista da alteração no clima e da gravidade dos efeitos. Esses gases, bem como o papel dos aerossóis e das nuvens, não foram incluídos no modelo por terem um tempo de residência na atmosfera menor que o do CO<sub>2</sub>.

Mudanças irreversíveis no clima de nosso planeta já estão ocorrendo, e hoje temos a responsabilidade histórica de não deixar a situação piorar ainda mais. Esse estudo mostra que podemos estar com-

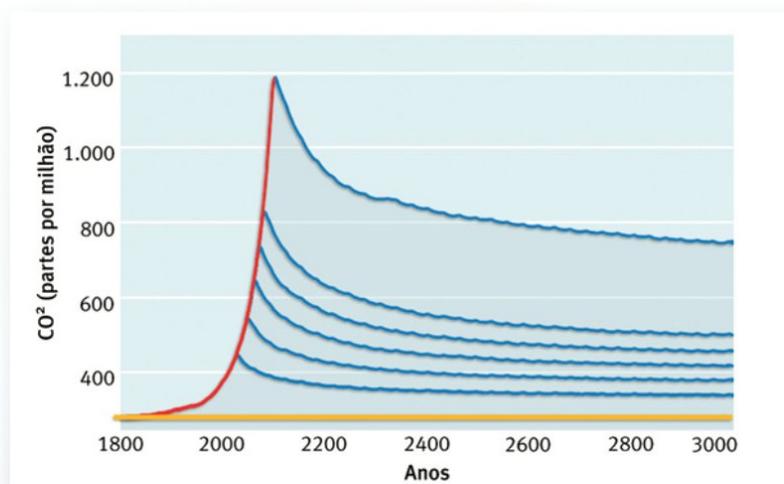


Figura 1. As curvas representam as concentrações atmosféricas de CO<sub>2</sub> para os diferentes cenários de emissões, com base em uma taxa de crescimento de 2% ao ano até certo nível (curva vermelha), sendo, depois disso, zeradas as emissões. Note-se que, mesmo depois de cessadas as emissões, as concentrações de CO<sub>2</sub> (curvas azuis) permanecem em altos níveis, ficando praticamente constantes por cerca de mil anos. A reta (amarela) indica os níveis de gás carbônico na atmosfera na época pré-industrial (no caso, anterior a 1765)

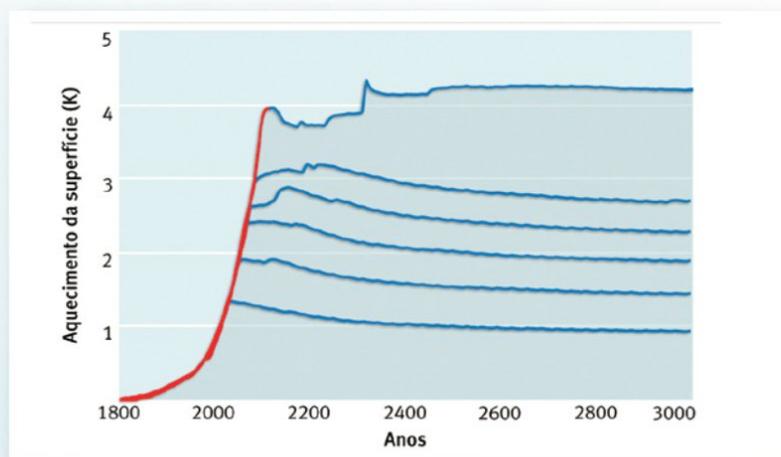


Figura 2. Aumento médio da temperatura global estimado para os seis cenários de emissões de CO<sub>2</sub> da figura 1. Note-se que o aquecimento global médio (curvas azuis), depois de pequenas variações iniciais, mantém-se praticamente constante até o ano 3000 para todos os cenários

prometendo a sustentabilidade não só das gerações futuras próximas (nossos filhos e netos), mas também a sustentabilidade do planeta nos próximos mil anos. Pelo menos.

Não temos tempo a perder. Quanto mais cedo agirmos em relação à redução das emissões de gases do efeito estufa, menores serão os danos. Também teremos que utilizar os recursos naturais do planeta de modo mais inteligente, reduzindo o uso de matérias-primas e o consumo que caracteriza nossa estrutura atual de sociedade.

No caso do Brasil, é essencial reverter o processo de desmatamento da Amazônia, investir intensamente tanto em energias renováveis (como a solar e a eólica) quanto em reflorestamento. Com essas medidas, podemos construir um país mais sustentável em médio e longo prazos. Essas são tarefas urgentes para todos nós, brasileiros.

#### Paulo Artaxo

Laboratório de Física Atmosférica,  
Instituto de Física,  
Universidade de São Paulo



PALEONTOLOGIA Fóssil de réptil gigante leva a reviravolta sobre clima da Terra

## A COBRA QUE VIROU TERMÔMETRO

Com seus 13 m de comprimento e pouco mais de uma tonelada de peso, ela faria suas primas atuais, as jibóias, parecerem magrinhas e curtinhas. A descoberta da *Titanoboa*, que viveu há cerca de 60 milhões de anos, já é um fato científico marcante por si só. Mas, na esteira desse feito, vem outro, igualmente interessante: uma discussão acalorada sobre aquecimento global.

O réptil gigante tinha sangue frio. Levando em conta isso e seu tamanho e peso, a cobra precisaria de uma temperatura média entre 30°C e 34°C na região de seu hábitat, a formação Cerrejón, no nordeste da Colômbia, uma floresta tropical à época.

A *Titanoboa cerrejonensis*, que comia crocodilos e tartarugas e se

tornou o maior vertebrado não marinho depois da extinção dos dinossauros, reforça modelos que defendem que, naquele passado, o planeta estava vivendo um período de aquecimento global, com temperatura até 10 graus superiores às que são encontradas atualmente nas regiões de florestas tropicais da Terra.

Se o argumento principal da equipe liderada por Jason Head, da Universidade de Toronto (Canadá), estiver correto (ou seja, a relação entre temperatura do ambiente e tamanho do corpo), então uma inferência é possível: as florestas tropicais existiam em temperaturas bem acima da média de hoje. Isto é, esses hábitats têm uma alta resiliência. De quebra, a chamada teoria

do termostato (segundo a qual haveria limites à variação de temperatura nos trópicos) sai enfraquecida diante dessas conclusões.

As escavações na Colômbia foram organizadas por Carlos Jaramillo, do Instituto Smithsonian de Pesquisa Tropical (Panamá), e Jonathan Blair, da Universidade da Flórida (Estados Unidos), em uma das mais profundas minas de carvão do mundo.

### Ônus da prova

Na mesma edição (pp. 669-671), a análise de Matthew Huber, da Universidade Purdue (Estados Unidos), é um presente em si para quem se interessa por mudanças climáticas. Ele começa dizendo que os argumentos de Head e colegas são bem fundamentados, mas impõe

Concepção artística da *Titanoboa cerrejonensis*, em seu hábitat, ladeada por itens de menu, um crocodilo e uma tartaruga. No destaque, uma píton-bola (*Python regius*), que pode chegar a 6 m de comprimento, passeia sobre a vértebra de sua prima ancestral gigantesca



JASON BOURQUE/JASON HEAD

‘poréns’: entre eles, pergunta por que cobras gigantes similares não foram encontradas em outros intervalos temporais em que o mesmo aquecimento assolou a Terra. Huber termina com um desafio para parte dos especialistas que defendem a teoria do termostato: “Agora, o ônus da prova está com aqueles que defendem que os trópicos não se aquecem substancialmente em uma Terra sob aquecimento global.”

Nessa discussão toda, a cobra de sangue frio acabou perdendo calor para um ambiente tomado pelas perseverantes discussões sobre o aquecimento global, já qualificado como a questão mais importante da humanidade neste momento.

Curiosidade: o *Guinness*, o livro dos records, informa que a cobra mais longa conhecida tinha 10 m, e a mais pesada, 183 quilos.

*Nature*, 04/02/09

## SINTONIA FINA

Uma carta de nove linhas publicada no prestigioso *British Medical Journal* (11/05/74) transformou-se em uma saborosa história, salpicada com aspectos interessantes sobre a sociologia da ciência. Assinada por J. M. Murphy, ela relata ao editor da revista um novo quadro dermatológico: escroto de violoncelo, ou seja, irritação causada pelo corpo do instrumento na área genital (no caso, a vítima era um músico profissional). Antes de descrever brevemente o problema, Murphy ressalta que nunca, até aquele momento, havia se defrontado com outro quadro, o ‘mamilo de violonista’, descrito em carta, no mesmo periódico, por um colega médico, pouco antes (27/04/74). Depois disso, as ciências médicas seguiram seu rumo normal, até que, recentemente, um artigo de revisão de doenças ocupacionais em músicos estranhou a ‘raridade’ do distúrbio genital, questionando a existência de tal quadro (outro trabalho, no *Journal of American Dermatological Association*, ainda em 1991, levantou a mesma suspeita). Agora, 35 anos depois, a verdade foi revelada em outra carta curta: o escroto de *cello* nunca existiu. A descrição, confessam os autores da missiva, havia sido uma brincadeira incentivada pelo anúncio do ‘mamilo de violonista’, que soou para eles como uma provável brincadeira: “Decidimos ir adiante e descrever um fenômeno similar em violoncelistas”, diz a retratação. Outro aspecto saboroso: um dos autores da retratação é a baronesa Elaine Murphy, mulher de J. M., químico teórico de formação. Ela é hoje membro do parlamento britânico, mais especificamente da Casa dos Lordes. O *BMJ* levou a coisa toda com algum senso de humor, dizendo que está preparando uma retratação. “A história vem somar-se a outras gaiatices da vida”, disse um porta-voz. Resta saber se contou para essa reação do periódico o fato de Murphy ser, além de médica (psiquiatra, no caso), uma nobre e ter influência política no Reino Unido.

SJC



FÍSICA

**MENOR 'SANFONA' DO MUNDO**

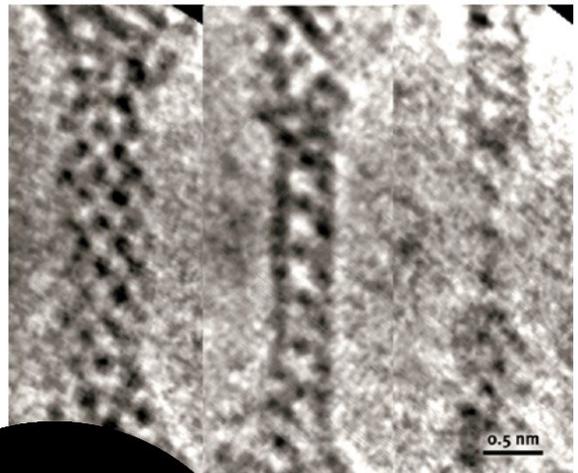
Uma equipe de pesquisadores brasileiros adicionou uma nova estrutura ao mundo do milionésimo de milímetro: nanotubos metálicos, ocós e quadrados.

O objeto recém-criado, que se forma espontaneamente, lembra uma 'sanfona', em função da distribuição dos átomos de prata ao longo de sua estrutura (figura). O feito foi obtido ao se esticar outro objeto bem popular no universo nanoscópico – o nanofio (no caso, de átomos de prata) – e ajuda a entender características dessas dimensões, como o atrito e a adesão, importantes para o desenvolvimento de nano-objetos e da própria nanoeletrônica.

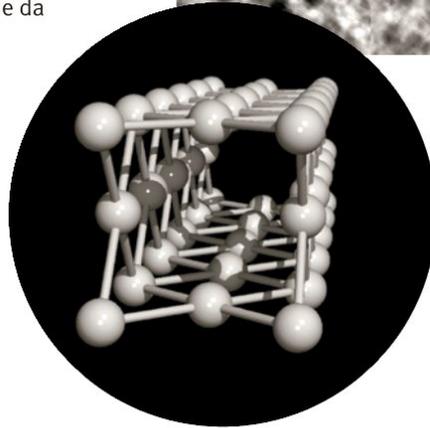
Os pesquisadores, coordenados por Daniel Ugarte e Douglas Galvão, são do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron e do Instituto de Física Gleb Wataghin, da Universidade Estadual de Campinas, ambos nessa cidade paulista.

Em tempo: não deixe de ler, nesta edição, artigo sobre as propriedades do grafeno, 'primo' do diamante e da grafite.

*Nature Nanotechnology, 25/02/09 on-line*



LAGOS ET AL. / NATURE NANOTECHNOLOGY



Acima, imagem obtida por microscopia eletrônica de resolução atômica mostrando o processo de estiramento do nanofio e a obtenção do nanotubo quadrado (meio). Ao lado, concepção artística do nanotubo de seção quadrada

BIOCIÊNCIAS

**CÉLULAS-TRONCO: ADICIONE SÓ UM INGREDIENTE**

Antes da novidade, vale um 'melhores lances', para apreciar o resultado em um contexto mais amplo.

Há cerca de três anos, um experimento banhou de esperança o mundo dos defensores, bem como dos opositores, do uso da terapia genética com células-tronco. Para os primeiros, era a chance de se pôr fim ao debate em torno dos problemas éticos que rondavam o assunto; para o segundo grupo, parecia ser a chance de evitar a destruição de embriões para a obtenção das chamadas células-tronco embrionárias, que têm, sob certas condições, a capacidade de se transformar em qualquer

tecido do organismo (no caso, o humano).

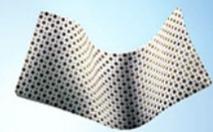
O artigo apresentava uma 'receita' sobre como transformar uma célula adulta em uma célula-tronco pluripotencial, que tem as mesmas características físicas e genéticas da embrionária. Para isso, bastava acrescentar quatro ingredientes (no caso, fatores de transcrição, ou seja, genes que controlam a ação de outros genes). Parecia o melhor dos mundos. Logo depois, outros estudos mostraram que isso podia ser feito com três e até mesmo dois fatores de transcrição.

Agora, a equipe de Hans Schöler, do Instituto Max Planck para a Medicina Biomolecular

(Alemanha), trouxe a receita para o *minimum minimorum*: um fator de transcrição foi capaz de tornar células adultas (no caso, retiradas de um camundongo) em pluripotenciais. Assim – caso o método um dia venha a funcionar em humanos –, renasce a esperança de as duas vertentes, que hoje ainda digladiam em um tipo de batalha ciência *versus* religião, colocarem um fim aos debates, permitindo que a terapia genética seja feita sem a destruição de embriões, que, para uns, são apenas células amontoadas, e, para outros, portadores de vida.

*Cell, 06/02/09*

*Science, 09/01/09 e 02/01/09*



O curativo 'elétrico'

LEVI BROWN

## SINTONIA FINA

A melhor definição para esse invento seria *band-aid* elétrico. Sim, um curativo para machucados à base de diminutas baterias. Funciona? Vários testes, alguns publicados em revistas de prestígio, apontam que sim. A explicação: nossas células são diminutas baterias; quando ocorre um ferimento, seria como se elas entrassem em curto-circuito, sendo que o curativo elétrico restitui o funcionamento normal, bastando, para isso, ser aplicado umedecido. Uma versão hospitalar, também à base de um poliéster, cola e um segredo que o fabricante não revela, já está em uso em grandes centros médicos dos Estados Unidos. Além da constatação de que os ferimentos (incluindo queimaduras) curam mais rapidamente, evitando também a proliferação de micro-organismos, há outra vantagem: o curativo elétrico é de seis a sete vezes mais barato que o conjunto 'gaze mais esparadrapo' mais antisséptico. Agora, o fabricante, a pequena empresa Vomaris Innovations, no Arizona (Estados Unidos), está pedindo ao FDA (órgão norte-americano que regulamenta a comercialização de medicamentos e alimentos) autorização para comercializar uma versão para ser vendida em farmácias, sem receita médica. Alguns médicos (entre eles, alguns que já adotam o novo curativo em hospitais) acham que ainda é cedo para isso, pois seria prudente fazer mais testes antes de as pessoas se automedicarem com o produto. As imagens mostradas no catálogo da empresa impressionam. Se o leitor quiser conferir, mais informações (em inglês) estão em [www.vomaris.com](http://www.vomaris.com).

**Exo-7b é pequeno e rápido.** Está logo ali (em termos astronômicos): 390 anos-luz, algo próximo a um quatrilhão ( $10^{15}$ ) de quilômetros. E tudo indica que já arrebanhou o título de menor exoplaneta conhecido até o momento. Seu diâmetro é cerca de duas vezes o da Terra, e o tempo de translação em torno de sua estrela (que é um pouco menor e mais fria que o Sol) é 20h. O mais novo planeta extrassolar, rochoso, foi descoberto pelo satélite Corot, lançado em 2006, cuja missão é justamente essa: achar exoplanetas. A pergunta mais feita nessas horas: há vida (no sentido terrestre) lá? Muito provavelmente não, pois a temperatura em sua superfície é, em média,  $1.000^{\circ}\text{C}$ . A assessoria de imprensa da missão adianta que há outras centenas de candidatos na fila, esperando apenas que seus dados sejam analisados. O Brasil é um dos participantes da missão Corot (por sinal, um dos membros da equipe brasileira do Corot é o astrônomo José Renan de Medeiros, autor do artigo 'Nascimento, vida e morte das estrelas', publicado nesta edição, como parte das comemorações do Ano Internacional da Astronomia. Não deixe de ler).

**Exo-7b, o menor exoplaneta conhecido, passa à frente de sua estrela**

COROT

## GENÉTICA

## ESCUTO CORES, VEJO SONS...

É bem improvável que o leitor esteja vendo cada uma das letras ou palavras desta breve nota com cores distintas. Se sim, dois avisos: i) elas estão em tinta preta; ii) é provável que o leitor seja portador de um quadro que acomete menos de 1% da população mundial: a sinestesia, sobre a qual há novidades.

A sinestesia, que tem raízes familiares, é tão estranha quanto desconhecida. Sua versão mais comum parece ser a chamada sinestesia auditiva: a pessoa vê cores quando escuta sons. Mas há também quem veja cores ao ler, sentir cheiros, enxergar formas ou tocar objetos. A lista de 'deflagradores' é longa.

Agora, um experimento conseguiu cercar, para a sinestesia auditiva, os genes responsáveis por esse transtorno, que parece não prejudicar a vida dos portadores (pelo contrário, muitos alegam que não conseguiriam viver sem a sinestesia). Os resultados apresentados por Julian Asher, do Imperial College de Londres, oferecem um tipo de caminho das pedras genético para entender um pouco mais desse misterioso fenômeno cerebral.

As evidências apontam o cromossomo 2 como o principal, enfraquecendo a hipótese que liga o quadro ao cromossomo X. É interessante notar, como ressaltam os autores, que o cromossomo 2 já foi ligado ao autismo. Nesse quadro em que os indivíduos apresentam dificuldades de comunicação com o mundo exterior, ocorrem, por vezes, anormalidades sensoriais e de percepção, como a sinestesia.

Além do cromossomo 2, constam da lista de Asher e colegas o 5, o 6 e o 12. Mais ainda: regiões apontadas como suspeitas pelo estudo já foram associadas à epilepsia e à dislexia. No fundo, o quadro é mais complexo do que se pensava.

Há uma longa lista de sinestésicos famosos. Exemplos: o escritor russo Vladimir Nabokov (1899-1977), autor do famoso romance *Lolita*; o físico norte-americano Richard Feynman (1918-1988), ganhador do Nobel de Física de 1965; o músico húngaro Franz Liszt (1811-1886), um dos maiores virtuosos do piano de todos os tempos.

Em tempo: esta coluna descobriu (por acaso) que Asher é sinestésico auditivo.

*American Journal of Human Genetics, 05/02/09 on-line*



FOTO TOM FAYLE

**GAFANHOTOS: DA AVERSÃO À ATRAÇÃO** • Fato 1: as aparências enganam, pois os dois gafanhotos são da mesma espécie. Fato 2: o espécime da esquerda vive em bandos, formando nuvens (às vezes, com bilhões de indivíduos) responsáveis pelas pestes que devastam plantações, enquanto os verdes vivem solitariamente, sendo avessos à companhia de outros gafanhotos. Fato 3 (inusitado):

parece ser a ação de uma só substância, a serotonina, neurotransmissor também presente no cérebro humano, que está por trás dessa significativa transformação nos gafanhotos do deserto.

A descoberta foi feita pelo grupo de Michael Anstey, da Universidade de Oxford (Reino Unido), que bloqueou a fabricação de serotonina nos gafanhotos solitários, evi-

#### GENÉTICA

### SEQUENCIAMENTO DO VÍRUS DO RESFRIADO

Eles são, até agora, 99. Mas talvez haja mais por aí. Formam um exército do mal. Atacam em tempos de temperaturas mais baixas, são altamente contagiosos e causam profundo desconforto nos humanos (e, por vezes, infecções secundárias nos ouvidos e pulmões e crises de asma). Eles são as linhagens conhecidas do vírus do resfriado. Agora, a ciência conseguiu uma vitória contra essas forças: sequenciou todas as 'letras' do material genético do rinovírus.

Isso não representa o fim desse patógeno, mas sim o começo de uma estratégia que poderá levar a medicamentos mais eficazes contra o resfriado ou até (apesar

de menos provável, dada a diversidade do rinovírus) a uma vacina universal. Por que é difícil combater o vírus: uma pessoa pode ser infectada por mais de uma linhagem ao mesmo tempo. E esses tipos de rinovírus podem recombina seus genes, dando origem a uma nova linhagem, o que dificulta (muito) a obtenção de uma vacina de ação planetária.

Com o mapa genômico das 99 linhagens, no entanto, os pesquisadores poderão ter uma ideia sobre como se dão essas trocas, o que facilitaria a busca por novos antivirais. Essa informação poderá também facilitar a localização dos pontos mais vulneráveis para o ataque de drogas.



tando que se tornassem gregários. Ou aplicando, nos primeiros, uma droga que imita o neurotransmissor, levando os indivíduos a andar em bandos e a migrar em massa, mesmo que os três estímulos externos necessários para esse comportamento não estivessem presentes: cheiro e visão de outros gafanhotos, bem como o toque nas patas traseiras por parte de outros indivíduos.

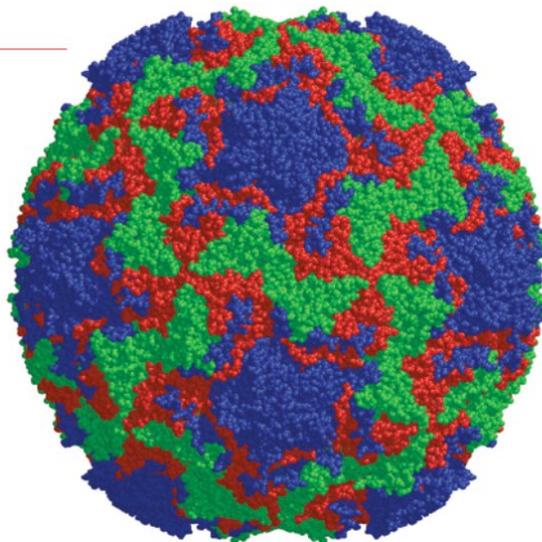
O trabalho pode levar a uma nova estratégia química para o controle de pragas, fazendo com que grande parte dos membros de uma nuvem volte ao estado de aversão aos companheiros. Anstey e colegas notaram que os gregários têm, em média, três vezes mais serotonina no organismo que os solitários.

*Science*, 30/01/09

As amostras para o sequenciamento foram extraídas das narinas de vários humanos ao redor do mundo. Além das duas categorias gerais conhecidas antes (cada categoria reúne diversas linhagens) denominadas A e B, o trabalho ainda permitiu identificar uma terceira, C, que, segundo os autores, é mais virulenta e pode infectar células em regiões bem profundas do pulmão.

Em crianças, o rinovírus pode reprogramar o sistema imune, levando ao surgimento de asma na adolescência.

*Science*, 12/02/09 on-line



Estrutura da capa de proteínas do rinovírus humano

## PRÓSTATA, CORAÇÃO E... URINA

O leitor desta coluna viu, na edição passada (CH 256), dois resultados promissores que podem levar a diagnósticos para o autismo e o diabetes a partir da análise da saliva. Agora, é a vez da urina.

No primeiro dos trabalhos, a equipe de Arul Chinnaiyan, da Universidade de Michigan (Estados Unidos), mostrou que a sarcosina pode ser um importante indicador da presença (ou não) do câncer de próstata. Essa molécula, como mostrou o experimento, está presente na urina de portadores de câncer de próstata em níveis bem mais altos do que aqueles encontrados em homens saudáveis.

A equipe também mostrou que o simples acréscimo dessa proteína em culturas de células saudáveis da próstata as fez

se transformarem em células tumorais agressivas.

Os resultados poderão ser usados para desenvolver um diagnóstico não invasivo para a doença. Hoje, isso é feito com a conjunção de dois exames: um de sangue, chamado PSA, que indica os níveis de uma enzima ligada à doença, e outro de toque retal da próstata, o que faz com que muitos homens não o realizem por tabu. No entanto, os testes de PSA até agora não levaram a uma redução da mortalidade. Pior: em função dele, têm sido feitas muitas cirurgias desnecessárias.

Sem considerar os tumores de pele (menos o melanoma), o de próstata é o mais prevalente em homens. No Brasil, são cerca de 50 mil casos novos por ano.

Pesquisadores mostraram que os níveis de 17 peptídeos (fragmentos de pro-

teína) na urina de uma pessoa poderiam ser usados para indicar a presença da doença arterial coronariana (DAC), distúrbio em que placas de gordura se depositam nas paredes de uma artéria coronariana, obstruindo a passagem de sangue. Os testes com a urina de portadores de DAC revelaram 85% de precisão quando comparados aos casos dessa doença confirmados pela angioplastia, técnica padrão para esses diagnósticos, mas que exige a injeção no corpo do paciente de um líquido (contraste) para que as placas sejam visualizadas por raios X.

Os resultados também poderão servir para o desenvolvimento de técnicas de diagnóstico não invasivas.

*Nature*, 11/02/09

*Journal of Proteome Research*, v. 8, n. 1, pp. 335-345, 2009

## BIOLOGIA

### LOBO EM PELE DE CÃO

Os lobos, muito em função dos contos infantis e de terror, ganharam (injustamente) a imagem de criaturas ferozes e traiçoeiras. Para tornar esse animal ainda mais assustador, ele é geralmente retratado com uma pelagem negra, que faz os contornos de seu corpo se mesclarem com a escuridão, destacando seus olhos e dentes. Agora, um estudo mostrou que o lobo negro foi, na verdade, 'fabricado' pelo ser humano, com a ajuda de seu melhor amigo, em um dos primeiros casos de engenharia genética da humanidade. E o mais inusitado: essa

intervenção pode estar ajudando esse animal a escapar da extinção.

Um estudo genético feito com lobos norte-americanos, comparando-os com os primos europeus, revela que a pelagem negra – incluindo aquele manto mais escuro que se vê nos lobos cinzas – foi resultado do cruzamento desse animal com o cão doméstico. Na América do Norte, segundo os autores, essa hibridização se deu há cerca de 14 mil anos.

Outra leitura possível é que a ação humana – neste caso, um tipo de engenharia genética primitiva e acidental – acabou enriquecendo a diversidade genética da população de um animal selvagem, ajudando-o a se adaptar às florestas boreais, dando a lobos uma pelagem negra que serve de camuflagem na caça. E isso ocorre em um momento em que a tundra, sem árvores e tomada pela neve, onde o lobo de pelagem branca é mais numeroso, está diminuindo significativamente, em função do avanço dessas florestas rumo ao norte, sobre as áreas geladas.

Como ressaltou um dos autores, é irônico pensar que uma modificação genética causada pelos humanos esteja ajudando uma espécie selvagem a se adaptar a um mundo de mudanças climáticas causadas pela ação dos próprios humanos.

Segundo os autores, hibridização semelhante ocorreu com os coiotes.

*Science*, 05/02/09

**Lobos negros dominam as matilhas nas florestas da América do Norte, enquanto os de pelagem branca são mais numerosos na tundra**





MEDICINA

## NÃO SE ESQUEÇA: COMA MENOS

O segredo para uma memória afiada na terceira idade é manter a boca fechada, foi o que mostrou um novo estudo que relacionou pela primeira vez – palavra dos autores – essa função cognitiva e dieta.

Nos últimos anos, estudos sobre a redução calórica têm apresentado resultados dúbios ou conflitantes. Alguns, feitos em roedores, indicam que comer menos previne doenças neurodegenerativas; outros, em humanos, apontam para uma relação direta entre restrição calórica e aumento da longevidade. No entanto, o artigo de Agnes Flöel, da Universidade de Münster (Alemanha), e colegas está sendo indicado como o primeiro a relacionar a restrição calórica com a melhora da memória.

Um total de 50 pacientes (média de 60 anos de idade e com peso normal ou leve sobrepeso) foi dividido em três grupos: i) os que continuaram comendo normalmente; ii) os que cortaram 30% das calorias nas refeições; iii) os que acrescentaram às refeições gorduras poli-insaturadas (presentes no azeite de oliva, nas castanhas e nos peixes, por exemplo). O estudo estendeu-se por três meses.

Ao final, testes de memória mostraram que os pacientes do segundo grupo obtiveram resultados, em média, 20% mais altos que os outros voluntários. Também foram encontrados nesses voluntários níveis mais baixo de insulina. Estudos indicam que isso é um bom indicador de que o organismo se tornou mais eficiente em ‘queimar’ açúcar, o que pode trazer benefícios para o cérebro. O problema é justamente quando o cérebro se torna resistente a esse hormônio (ver ‘Diabetes e Alzheimer’, em CH 256).

Os pesquisadores não conseguiram saber, no entanto, se os benefícios foram maiores para o grupo com peso normal ou para aquele com sobrepeso, pois não havia número suficiente de participantes para essa conclusão. O próximo passo da equipe é ver se essa restrição calórica funciona para pacientes portadores de distúrbios cognitivos leves.

PNAS, v. 106, pp. 1.255-1.260, 2009

## LEIA NA CH ON-LINE

### NEUROCIÊNCIA > **Elas não resistem à fome >**

Monitoramento do cérebro mostra que mulheres têm mais dificuldade de controlar o impulso de comer

→ [www.cienciahoje.uol.com.br/136087](http://www.cienciahoje.uol.com.br/136087)

### ZOOLOGIA > **No sangue do pirarucu >**

Análise de hormônios e proteínas facilita identificação do sexo do maior peixe amazônico

→ [www.cienciahoje.uol.com.br/136313](http://www.cienciahoje.uol.com.br/136313)

### PALEONTOLOGIA > **Dinossauros bons de briga >**

Análise de fósseis de *Triceratops* indica que seus chifres eram utilizados para combate e defesa

→ [www.cienciahoje.uol.com.br/136717](http://www.cienciahoje.uol.com.br/136717)

### BIOQUÍMICA > **Proteína ligada ao câncer >**

Molécula regula duplicação de estruturas que ajudam a célula a se dividir corretamente, mostra estudo brasileiro

→ [www.cienciahoje.uol.com.br/137718](http://www.cienciahoje.uol.com.br/137718)

### ECOLOGIA > **Refúgios na mata atlântica >**

Áreas centrais da floresta se mantiveram estáveis e abrigaram animais durante era glacial

→ [www.cienciahoje.uol.com.br/137392](http://www.cienciahoje.uol.com.br/137392)

### BIOLOGIA > **Sono protetor >**

Estudo mostra que mamíferos que dormem mais têm melhor sistema de defesa contra infecções

→ [www.cienciahoje.uol.com.br/137508](http://www.cienciahoje.uol.com.br/137508)

### EXPLORAÇÃO ESPACIAL > **Carona indesejada >**

Contaminação por bactérias da Terra em outros planetas deve ser reversível, defende cientista da Nasa

→ [www.cienciahoje.uol.com.br/137670](http://www.cienciahoje.uol.com.br/137670)

### ZOOLOGIA > **No rastro das aves >**

Cientistas fazem monitoramento inédito da viagem completa de pequenos pássaros migratórios

→ [www.cienciahoje.uol.com.br/137904](http://www.cienciahoje.uol.com.br/137904)

E MUITO MAIS EM [www.cienciahoje.org.br](http://www.cienciahoje.org.br)

**Cássio Leite Vieira**

*Ciência Hoje/RJ*

FONTE: 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, EPFL NEWS E ACS PRESS PAC

# Nascimento, vida e morte



*Na vida, quase tudo parece depender das estrelas. Ou melhor, tudo em nossas vidas depende efetivamente de um desses corpos celestes: o Sol, nossa estrela central. Basta lembrar que a vida existe, porque existe a luz do Sol. Apesar disso, muitas vezes, imaginamos que as estrelas, sempre cantadas em prosa e versos, servem apenas para alimentar nossos sonhos. Conhecer como nascem, vivem e morrem as estrelas é conhecer como surge a luz, bem como tudo aquilo que dá origem e serve de sustentação à vida. Essas questões, portanto, ligam a natureza do universo às próprias raízes da gênese humana.*

José Renan de Medeiros

Departamento de Física Teórica e Experimental,  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

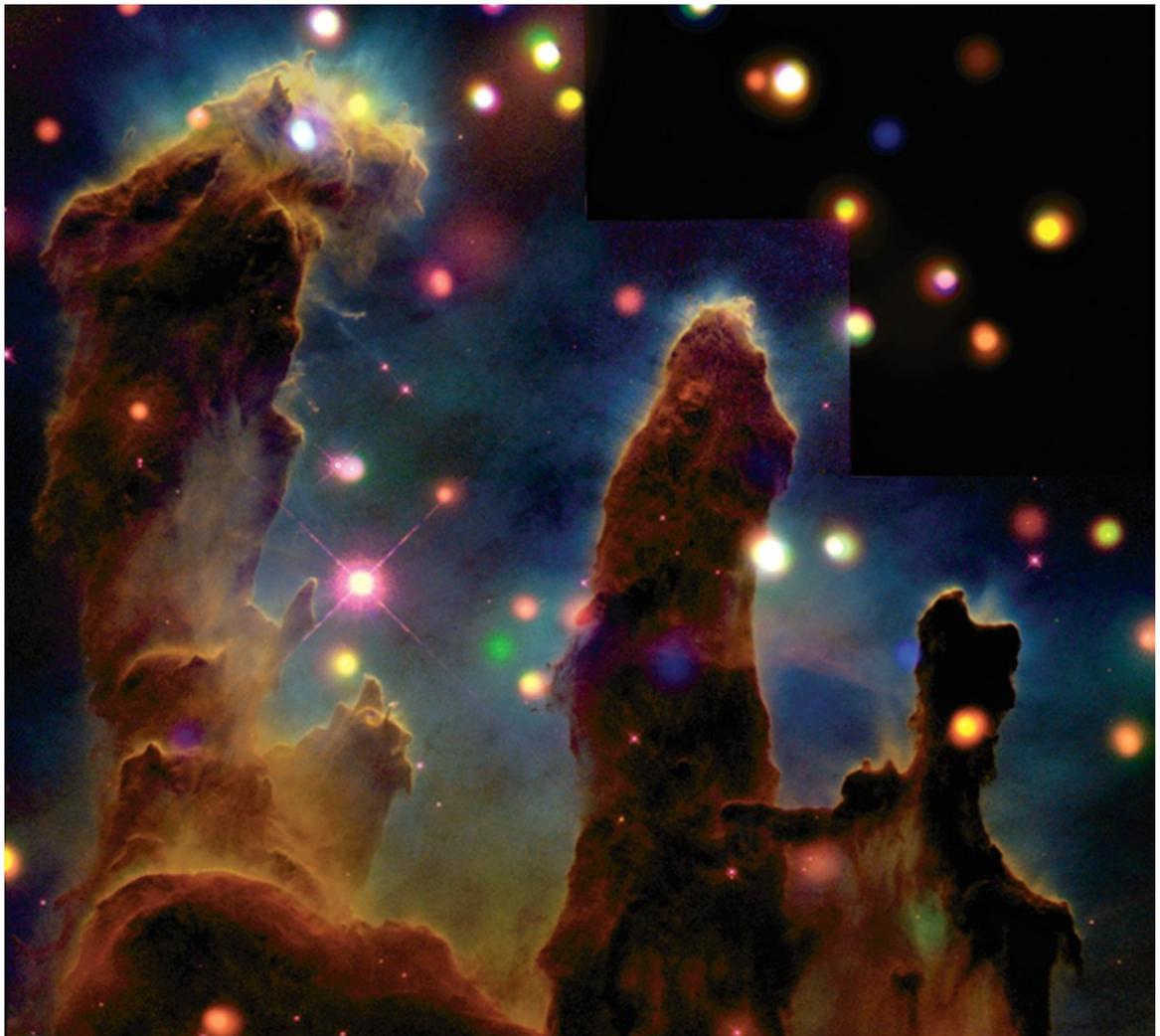
# das estrelas

**Pensar o porquê da existência das estrelas** está presente em todas as culturas, independentemente do credo, da época ou da geografia. As estrelas nascem e seguem uma evolução natural, a qual pode levá-las a passar por todas as fases de uma vida: do embrião, à infância e à adolescência até a idade adulta e a velhice, completando todo um ciclo evolutivo.

Como na natureza viva, o mundo estelar é também composto de uma enorme diversidade. Sua evolução não é linear, e muitos eventos podem mudar radicalmente seu curso, como acontece na própria história da vida.

## O melhor dos vácuos

O espaço entre as estrelas, o qual denominamos meio interestelar, não é vazio. Pelo contrário, esse meio – mesmo sendo muito mais rarefeito que o melhor vácuo já produzido em laboratório – é preenchido por gás e poeira. Essa matéria encontra-se em lugares específicos dentro das galáxias, as quais representam as estruturas unitárias básicas do universo. As galáxias, elas mesmas, são constituídas de bilhões de estrelas e de quantidades consideráveis de gás e poeira. ▶



NASA/CXC/UNIVERSITY OF COLORADO/LINSKY ET AL. (0-RAM)/NASA/ESA/STSCI/ASU/J. HESTER & P. SCOWEN (OPTICAL)

Figura 1. Conhecidas como ‘Pilares da Criação’, essas colunas de gás e poeira, que ocupam a região central da Nebulosa da Águia, a cerca de 7 mil anos-luz da Terra, são um dos mais famosos berçários de estrelas conhecidos. No topo da coluna da esquerda, o ponto azul representa uma jovem estrela de massa quatro a cinco vezes a do Sol

O meio interestelar não é uniforme nem homogêneo, mas é bastante frio. Nesse meio, encontram-se as nuvens moleculares, compostas principalmente de hidrogênio molecular ( $H_2$ ), podendo conter também moléculas orgânicas à base de carbono. O tamanho dessas nuvens varia de dezenas a centenas de anos-luz, e suas massas alcançam entre 100 mil e vários milhões de vezes a do Sol. Cada ano-luz, para se ter uma ideia, equivale a 9,5 trilhões de km.

## Embrião estelar

As condições especiais que levam ao nascimento de uma estrela estão associadas a eventos externos às nuvens moleculares: i) a explosão de uma estrela nas vizinhanças de uma nuvem; ii) oscilações em larga escala na região onde a nuvem se encontra.

Esses dois fenômenos podem provocar, no interior da nuvem, flutuações de densidade que irão se comportar como centros de atração gravitacional, passando a atrair a matéria circundante. Em torno desses centros atratores, a matéria irá se concentrar cada vez mais, fazendo a densidade aumentar consideravelmente.

A essa altura, a massa do gás ali presente já representa um embrião de estrela, também chamado protoestrela, que irá começar seu desenvolvimento. Mas, como na natureza viva, nada indica, de forma absoluta, que dali nascerá uma estrela. Isso vai depender inicialmente do tamanho da massa condensada, a qual não pode ser nem muito grande, nem muito pequena.

Os embriões estelares, agora já compactos e densos, continuam crescendo cada vez mais em massa, à medida que recebem mais e mais matéria

das regiões em torno deles. A região central do embrião, seu núcleo, continua se contraindo devido à atração gravitacional, e a temperatura vai se elevando. Essa fase de contração continuará até o momento em que a matéria se torne tão densa e tão quente que reações nucleares envolvendo o hidrogênio possam ocorrer.

## Como a bomba H

No caso particular de um embrião estelar cuja massa seja igual à do Sol, quando as temperaturas no núcleo atingem cerca de 12 milhões de kelvins, átomos de hidrogênio começam a se fundir, por meio de um processo chamado fusão termonuclear, que consiste na aglutinação dos núcleos de dois átomos, para formar um terceiro, mais pesado.

As reações termonucleares (ou simplesmente fusão nuclear) produzem uma energia extraordinária. O mais simples desses processos é a fusão de dois átomos de hidrogênio (H) para formar um átomo de hélio (He). Trata-se, na realidade, do mesmo processo usado na produção de bombas de hidrogênio (ou bombas H). Porém, nesse caso, em uma escala infinitamente menor que aquela que ocorre no interior de uma estrela.

A massa de um átomo de hélio obtido por fusão é sempre menor que aquela dos dois átomos de hidrogênio que lhe deram origem. Parte significativa da massa resultante dessa diferença é transformada em energia, segundo a conhecida fórmula do físico Albert Einstein (1879-1955):  $E = mc^2$ , na qual  $E$  é a energia;  $m$ , a massa; e  $c$ , a velocidade da luz no vácuo (300 mil km/s), que, no caso, está elevada ao quadrado. Essa relação matemática nos diz que uma massa diminuta pode gerar quantidades assombrosas de energia, como ocorre nas bombas atômicas, por exemplo.

Nas estrelas, essa energia é irradiada para fora do núcleo, e parte dela vai aquecer o próprio gás que o envolve, sendo depois irradiada novamente para regiões cada vez mais externas.

## Nasce uma estrela

As reações nucleares na região mais central da protoestrela elevarão sua temperatura até cerca de 16 milhões de kelvins. Quando a pressão do gás nessa região atinge cerca de 2,7 bilhões de atmosferas (a pressão ao nível do mar, na Terra, vale 1 atmosfera!), as condições são suficientes para que esse núcleo possa sustentar o peso das camadas mais externas, as quais, devido à gravidade, continuam a comprimir o gás.

A massa da protoestrela, como um todo, incluindo as regiões do núcleo e das camadas mais externas, atinge um estado de equilíbrio que será mantido devido à fusão constante do hidrogênio, que se estenderá por bilhões e bilhões de anos, até a exaustão desse átomo no núcleo estelar. Nesse momento, a contração gravitacional cessa, e a luminosidade da estrela torna-se perene. Podemos, afinal, afirmar que, efetivamente, nasceu uma estrela!

Assim, da grande nuvem molecular que se fragmentou em inúmeros pedaços, devido às flutuações em sua densidade, poderá se formar um grande número de estrelas (figura 1), desde que os embriões tenham as massas necessárias.

As estrelas, na realidade, são objetos bastante sociáveis no início de suas vidas: elas nascem quase simultaneamente em grandes grupos, chamados aglomerados estelares, todas apresentando características e propriedades similares. Só muito mais tarde elas poderão se separar umas das outras, para viverem de forma solitária, em duplas ou em pequenos grupos.

Algumas estrelas, entretanto, permanecerão por toda a vida nos aglomerados.

## Infância e vida adulta

A menos que aconteça algum acidente de percurso – que, em algumas situações, pode ser mortal para uma recém-nascida –, as estrelas atravessarão toda a infância e a idade adulta sem grandes distúrbios. Mas isso vai depender da massa de cada uma delas e das condições ambientais, ou seja, se vivem sozinhas ou associadas a outras. No mundo cósmico, em particular no estelar, viver de forma solitária pode representar menos perigo para a vida.

Quanto maior for a massa de uma estrela, mais breve será sua infância e sua vida adulta. Em sentido inverso, quanto menor a massa, mais ela viverá em condições normais. Essas duas fases, infância e idade adulta, estão associadas à quantidade de hidrogênio que há na estrela. Quando cerca de 10% a 20% da massa total de hidrogênio for consumida, a pressão no núcleo estelar já terá aumentado o bastante para romper o equilíbrio no qual a estrela viveu até aquele momento.

Tentando restabelecer esse equilíbrio, o núcleo irá se contrair e provocar um aumento da temperatura central. Isso resultará em um aumento da taxa de reações nucleares e, portanto, da produção de energia. Em consequência, as camadas mais externas da estrela irão se expandir, levando a um aumento de seu raio e de sua luminosidade. Nesse momento, pode-se afirmar que a fase que vai da infância ao topo da vida adulta completou-se. Para uma estrela ▶

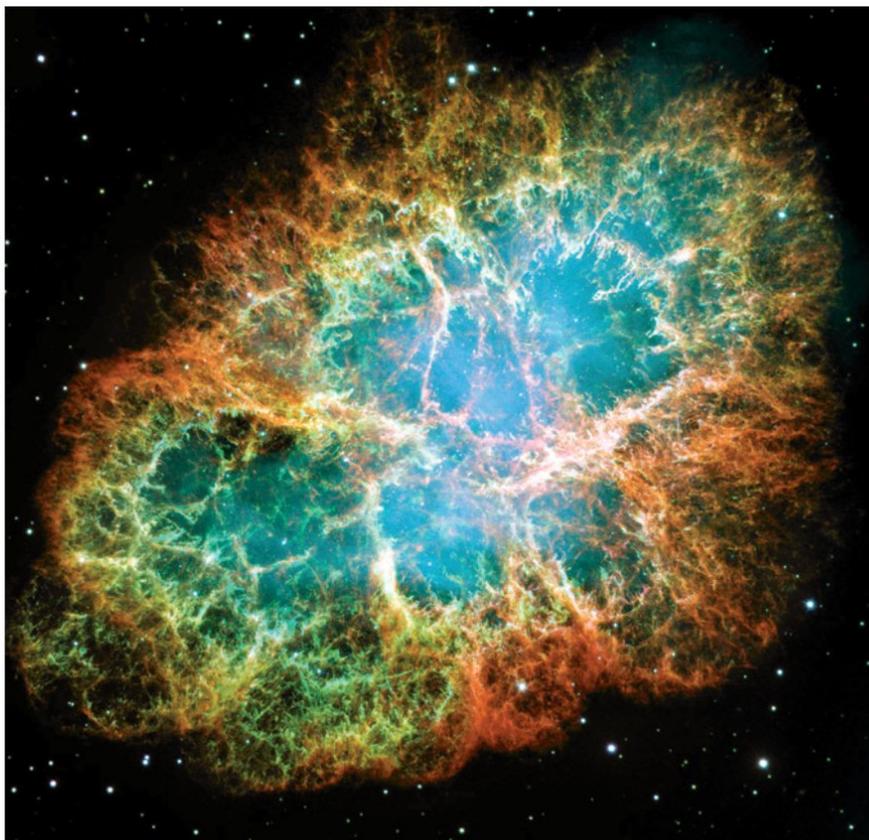


Figura 2. A nebulosa de Caranguejo, resultado de uma supernova (explosão de uma estrela no final de sua vida) observada no ano de 1054, tem cerca de 10 anos-luz de extensão. Em seu centro, habita uma estrela de nêutron tão maciça quanto o Sol, porém com diâmetro na casa de dezenas de km

como o Sol, essa fase se estende por cerca de 10 bilhões de anos, com uma produção de energia praticamente constante.

## Diversidade cósmica

Pode-se falar de quatro grandes grupos taxonômicos no mundo estelar: as estrelas anãs, as subgigantes, as gigantes e as supergigantes. Em cada um desses grupos, as estrelas podem ainda ser classificadas em azuis, amarelas e vermelhas. Aquelas mais quentes apresentam cores azuis; as de temperaturas intermediárias são amarelas; as mais frias têm tons avermelhados. Entretanto, mesmo no interior de um desses grupos, há uma enorme diversidade de tamanhos.

O Sol é uma estrela anã. Como ele, bilhões e bilhões de outros sóis existem na Via Láctea, a galáxia que abriga o sistema solar. Algumas estrelas são tão parecidas com o Sol que se criaram duas outras categorias de estrelas: i) as análogas solares, que são estrelas muito parecidas com o Sol; ii) as gêmeas solares, que são aquelas idênticas ao Sol.

Quando as estrelas chegam à fase terminal da vida, a diversidade estelar é ainda mais ampla. Aqui, surge outra fauna cósmica: as nebulosas planetárias, as novas, as supernovas, as estrelas de nêutrons, os pulsares, as anãs brancas e até os buracos negros. As estrelas, mesmo em um determinado grupo taxonômico, podem apresentar diversidade em relação a outras características físicas importantes, como a rotação. Na realidade, todas as estrelas estão em um eterno estado de rotação, às vezes girando de forma magistralmente rápida, como no caso dos pulsares; às vezes, lentamente, como as gigantes vermelhas.

MASAN/ESA / HESTER, A. LOUL (ASU) / ACKNOWLEDGEMENT: DANIELE DE MARTIN (SPRACOR)

## A morte de um astro

Depois de concluir as etapas básicas de produção dos átomos e a organização nuclear – fato que se dá ao longo da fase de gigante vermelha –, a usina nuclear estelar atinge seu nível máximo de produção de energia. É exatamente o excesso de energia nuclear em seu núcleo que levará a estrela à morte, a qual dependerá de sua massa e do ambiente em que vive.

Para estrelas com massas bem maiores que a do Sol, a morte acontecerá na forma de uma explosão catastrófica. A tragédia anuncia-se quando a temperatura no núcleo atinge cerca de 5 bilhões de kelvins. Para compensar a enorme perda de energia – devido ao altíssimo fluxo de neutrinos (partícula subatômica extremamente fugidia) para o mundo exterior –, a estrela começa a se contrair cada vez mais rapidamente, até que a matéria das camadas mais externas cairá em queda livre sobre o núcleo, provocando seu colapso. Esse fenômeno levará a uma extraordinária explosão.

A estrela acaba de morrer, e esse acontecimento é chamado supernova (figura 2), cujo brilho poderá aumentar em até um bilhão de vezes, tornando a estrela temporariamente tão brilhante quanto uma galáxia. A massa da estrela será precipitada para longe, com velocidades de milhares de quilômetros por segundo. Ao longo de um período que pode se estender de meses a anos, essa matéria – distribuída no espaço com uma geometria que lembra cascas de cebola –, irá se diluir e esfriar, mas agora enriquecida dos átomos produzidos na usina nuclear estelar ao longo da vida desse astro.

## CAÇADOR DE PLANETAS EXTRASSOLARES

O autor deste artigo tem se dedicado, ao longo das últimas três décadas, ao estudo da rotação, do magnetismo e da nucleossíntese estelar, sendo hoje o astrônomo que realizou mais medidas da rotação de estrelas, grandeza física fundamental para a compreensão da evolução desses astros.

Atualmente, dedica-se também à busca por planetas extrassolares, fazendo parte de vários consórcios internacionais de caçadores de planetas. É autor dos livros *Teia do Tempo* (2005) e *Meu céu, o céu de cada um, céu de todos nós* (2006), ambos pela Zian Editora.

## Rochedo de carbono

As estrelas de massas parecidas com a do Sol não atingem jamais as temperaturas colossais necessárias para uma explosão catastrófica. Após a fase gigante vermelha, elas perdem suas camadas mais externas, que levam para o espaço interestelar os produtos atômicos que ela produziu, deixando apenas uma estrela de brilho intenso no centro, rodeado de imensas nuvens.

A matéria assim ejetada será ionizada pela radiação emitida pela estrela central. Essa matéria também começará a emitir luz (figura 3). Inúmeras nebulosas dessa natureza, quando observadas, aparentam-se a pequenos discos parecidos com planetas. Daí, serem chamadas nebulosas planetárias. As estrelas centrais dessas nebulosas têm temperaturas entre 30 mil e 150 mil kelvins em suas superfícies. Elas irão se

contrair e formar um objeto extremamente denso, chamado anã branca.

Nessa fase, não há mais combustível nuclear para alimentar a estrela, que vai se esfriar lentamente, emitindo, sob forma de luz, os restos do calor de seu interior. Em pouco tempo, ela se tornará um cadáver de estrela, sem luz e sem vida, tendo a forma de um colossal e arredondado rochedo de carbono.

## Canibal solitária

Outra forma de morte no mundo estelar pode acontecer em sistemas binários com uma forte interação física, ou seja, quando duas estrelas girando uma em torno da outra interagem tão fortemente que pode haver troca de matéria entre elas. Nesses binários, uma das componentes do sistema pode canibalizar a outra. Nesse fenômeno, chamado coalescência estelar, a maior parte da massa da estrela que morre é transferida para sua companheira, inclusive seus produtos atômicos, levando a estrela-canibal a crescer em massa e apresentar características atômicas da estrela engolida.

A estrela-canibal segue, a partir daí, uma vida solitária, obedecendo à mesma sequência evolutiva de qualquer outra estrela que tenha sua massa.

## Vida e poeira

Assim, é extraordinário perceber que, da ação catalisadora que transforma o hidrogênio em hélio, ao longo da vida de uma estrela, surgirão inúmeros elementos, entre os quais o carbono, o nitrogênio e o oxigênio, todos com um papel essencial na elaboração das moléculas da vida.

Definitivamente, apesar de serem mundos absolutamente hostis, as estrelas são a fonte da vida. Definitivamente, o ser humano é poeira de estrelas! ■

### Sugestões para leitura

- MEDEIROS, J. R. de. *Meu céu, o céu de cada um, céu de todos nós* (São Paulo: Zian Editora, 2006).
- MEDEIROS, J. R. de; FREITAS, R de A. *Teia do tempo* (São Paulo: Zian Editora, 2005).

### Na internet:

- Página da NASA sobre estrelas (em inglês): [http://www.nasa.gov/worldbook/star\\_worldbook.html](http://www.nasa.gov/worldbook/star_worldbook.html)
- Dossiê 'O homem no espaço - conhecimento e incerteza': <http://www.comciencia.br/reportagens/espaco/espco1.htm>

R. SAHAI (UPI) ET AL./HUBBLE HERITAGE TEAM/ESA/NASA

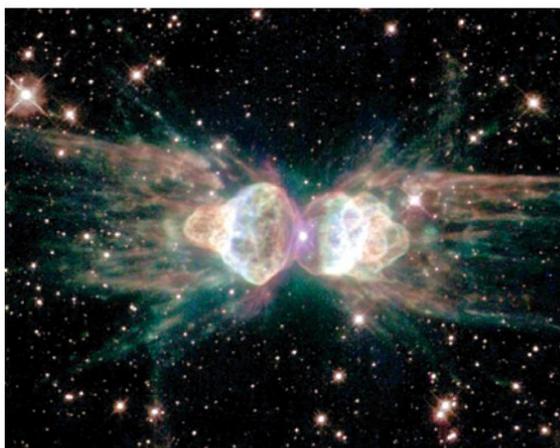


Figura 3. A nebulosa de Formiga tem em seu centro uma estrela similar ao Sol que está chegando ao final de sua vida. O nome da nebulosa vem do fato de o formato dos gases expelidos, que atingem velocidades de 1 mil km/s e têm cerca de um ano-luz de extensão, lembrarem o inseto. Astrônomos suspeitam que a forma dos gases pode ter sido moldada pela presença de uma segunda estrela, menos brilhante, orbitando a central

*“A coruja não agoura: o que ela faz é saber os segredos da noite”, escreveu João Guimarães Rosa (1908-1967) no romance Grande sertão: veredas, de 1956.*

*O estudo das corujas, que fazem parte do imaginário das pessoas há séculos, vem revelando aspectos importantes de sua biologia e informações valiosas sobre comportamento animal.*

*Essas aves são mais conhecidas por serem caçadoras noturnas de grande habilidade.*

*No entanto, há corujas que caçam durante o dia; nem todos os dias são do caçador.*



**Filipe Cristovão Ribeiro da Cunha**

*Programa de Educação Tutorial (bolsista),  
Departamento de Ciências Biológicas,  
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais*

**Marcelo Ferreira de Vasconcelos**

*Departamento de Zoologia,  
Instituto de Ciências Biológicas,  
Universidade Federal de Minas Gerais*

**Gustav Valentin Antunes Specht**

*Grupo de Pesquisa – Conservação, Ecologia  
e Comportamento Animal,  
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais*

Caburé (*Glaucidium  
brasilianum*)

# Alerta vermelho!

## Caburé na área!

**As corujas são aves de rapina** presentes na mitologia antiga, nas lendas de muitos povos e nas mais diversas histórias populares. Os antigos gregos consideravam a coruja uma ave sábia, por ser a mascote da deusa da razão e da sabedoria, Athena. Ainda hoje, muitas pessoas têm essa imagem, graças ao ar aristocrático, ao voo silencioso e ao olhar penetrante dessas aves. Infelizmente, elas também são vítimas de superstições: diz-se que seu canto é agouroso, ou que a quebra de um ovo por uma coruja é sinal de guerra, além de outras histórias difamantes. O interesse deste artigo, porém, não está nas lendas a respeito dessa ave.

Em sua maioria, as corujas têm hábito crepuscular e noturno. Elas são, em geral, vorazes predadoras, com visão e audição muito aguçadas. Essas curiosas aves também são muito conhecidas por sua capacidade de girar a cabeça em um amplo ângulo (270°) para melhor enxergar presas e predadores.

Uma das corujas mais comuns no Brasil é o caburé, espécie cujo nome científico, *Glauucidium brasilianum*, significa 'pequena coruja brasileira'. O caburé, no entanto, ocorre também nos demais países da América do Sul e da América Central, chegando até os Estados Unidos. Essa espécie tem hábitos curiosos. Diferentemente do que acontece com quase todas as corujas, o caburé é visto em atividade durante o dia. De plumagem pouco atrativa, essas aves marrons ou avermelhadas, com pintas brancas nas asas, são facilmente vistas empoleiradas e emitindo fortes piados em plena luz do Sol. Com apenas 17 cm de comprimento, da ponta do bico à ponta da cauda, o caburé tem pequenos olhos amarelos, encimados por uma faixa branca em forma de 'v', como uma 'sobrancelha'. Um aspecto de sua plumagem chama a atenção dos observadores: em sua nuca há duas grandes manchas negras, circundadas por uma faixa branca. Por ser semelhante a dois grandes olhos, esse desenho recebe o nome de 'face occipital'.

FOTO DE PALE ZUPPANI/PULSAR IMAGENS

Ao contrário do que se pensa sobre a maioria das outras espécies de coruja, o piado de um caburé é tido como sinal de sorte pelos caboclos do campo, no interior do Brasil. Essa pequena coruja alimenta-se de pequenos animais e insetos, como as outras, e mostra-se uma excelente caçadora. Outro aspecto do comportamento do caburé que chama a atenção é a reação que seus repetidos assobios, indicando sua presença em um local, provocam em outras aves.

### Reconhecendo o inimigo

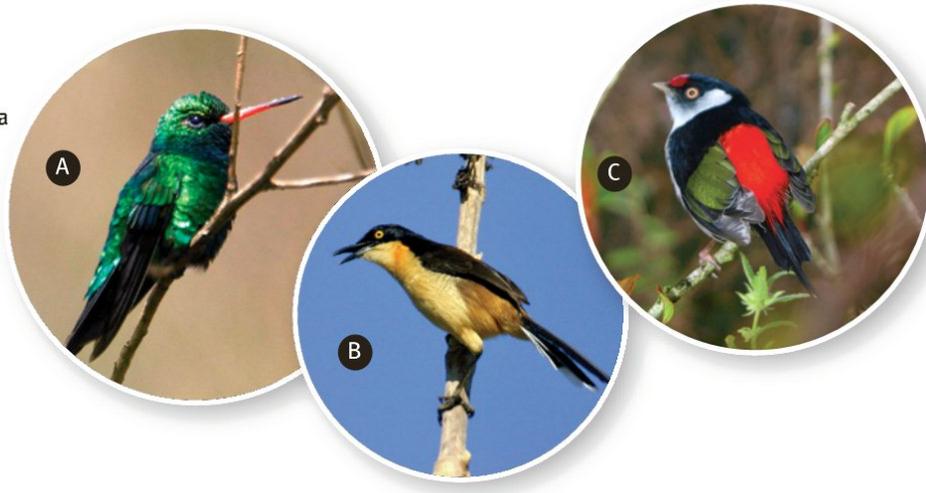
Há muito tempo as pessoas encantam-se com os cantos das aves e os estudam. Elas emitem verdadeiras melodias, muitas vezes bastante elaboradas e de grande beleza. Esses cantos melodiosos têm diversas funções (atrair parceiros, marcar território, avisar de perigos e outros) para as aves.

Algumas, além de sua habilidade como cantoras, têm boa audição, sendo capazes de reconhecer sons a quilômetros de distância. E todas usam os cantos e piados para explorar seu ambiente. Assim, além de defenderem seu território e encontrarem parceiros, as aves usam a vocalização para se defender, seja indicando aos outros a presença indesejável de um predador, seja para espantar o visitante indesejado e perigoso.

Um visitante desse tipo pode ser reconhecido por vários estímulos. Inegavelmente, porém, as aves identificam seus predadores, como as aves de rapina, pelo som. O reconhecimento de um deles desencadeia uma série de eventos. O estímulo visual é importante, mas já foi demonstrado que apenas o estímulo sonoro (como ouvir o canto da ave predadora) é capaz de provocar uma resposta da possível presa.

Algumas questões a respeito desse comportamento ainda não foram esclarecidas. Seria necessário um ▶

Durante os estudos, diversas espécies de aves foram fotografadas reagindo (incomodadas ou irritadas) à presença de um caburé ou à imitação do piado dessa coruja, como o besourinho-do-bico-vermelho (*Chlorostilbon lucidus* – A), o japacanim (*Donacobius atricapilla* – B), o tangarazinho (*Ilicura militaris* – C), o ferreirinho-teque-teque (*Todirostrum poliocephalum* – D), o rabo-branco-acanelado (*Phaethornis pretrei* – E), o balança-rabo-do-chapéu-preto (*Polioptila plumbea* – F), o beija-flor-de-fronte-violeta (*Thalurania glaucopis* – G) e o abre-asa-de-cabeça-cinza (*Mionectes rufiventris* – H)



encontro prévio, uma experiência anterior, para uma presa ser capaz de detectar um predador? Como uma ave jovem, que nunca viu um caburé, sabe que essa coruja é predadora? Estudos sugerem que uma experiência prévia é necessária para a detecção de um predador, mas não se descarta que tal capacidade seja inata em algumas aves. Ou seja, seria da natureza intrínseca de algumas aves reagir à presença de uma coruja detectando-a como um predador em potencial.

O caburé, de fato, é um inimigo em potencial de muitas aves. Por ser um hábil caçador, ele desperta entre os pássaros ao seu redor um verdadeiro ‘estado de sítio’. Estes o reconhecem mais facilmente por sua vocalização, já que a plumagem dessa coruja faz com que se confunda com o ambiente.

Atualmente, os autores desenvolvem um trabalho para determinar a capacidade de reconhecimento de predadores por aves e o comportamento exibido por estas contra um predador em potencial.

## Predador versus presa

A relação predador-presa talvez seja uma das mais importantes da biologia. Foi com base nessa ‘luta pela vida’ que se esboçaram pensamentos sobre seleção natural, que culminaram na teoria da evolução biológica. A complexidade de caçar e de ser caçado está ligada a aspectos evolutivos. Uma presa não evoluirá a ponto de não ser mais caçada e o

caçador nunca será capaz de caçar todas as presas sempre que quiser (essa colocação é meramente teórica).

Existe também a influência da ‘personalidade’ dos animais, fator determinante para a adaptação a diferentes situações. Toda população exibe diferenças de personalidade: certos indivíduos são mais ‘ousados’ e outros mais ‘conser-vadores’. Pode-se dizer que existe uma linha ‘timidez-co-ragem’. Essa linha pode ser definida como a tendência mostrada por um animal de se aproximar ou não de um predador, de se arriscar ou de se esconder. Indivíduos ‘tímidos’ reagem a indivíduos e situações estranhas tornando-se quietos e vigilantes. Já os ‘corajosos’ agem de modo normal, explorando o objeto ou a nova situação.

Imagine, por exemplo, um caburé que chega a um determinado local e começa a emitir suas vocalizações (algo como “uit, uit, uit”). Perto dali, um grupo de sanhaços-cinzentos (*Thraupis sayaca*) está procurando alimento, mas logo percebe a presença da coruja. Detectado o perigo, as presas em potencial têm três opções: fugir, esconder-se ou enfrentar o predador. O curioso é que algumas possíveis presas, nessa situação, optam por enfrentar o predador. O caburé pode não ser muito intimidador, devido ao tamanho, mas é um reconhecido caçador de aves. Em um encontro desse tipo, os sanhaços exibem comportamentos que vão de vocalizações de alarme a bater de asas e voos rápidos. Esse comportamento é denominado *mobbing*, termo inglês ainda sem tradução em português. Nem sempre, porém, os pássaros se restringem a essa barulhenta exibição de raiva. Outras aves podem se reunir aos incomodados sanhaços e, juntos, afugentarem o temido predador. Essa variação inata de personalidade pode representar uma estratégia de sobrevivência interessante para os animais.

Observações como essas têm sido feitas por ornitólogos, por todo o mundo, com os mais variados tipos de predadores. O caburé chamou nossa atenção por ser uma coruja comum e por atrair muitas aves com seu canto, embora fosse de se esperar que a vocalização de um predador afugentasse suas possíveis presas. Por ser reconhecidamente um predador de aves, inspira em outras espécies a coragem para que protejam seus ninhos e a si próprios. Os autores fizeram um levantamento das espécies de aves atraídas



PAULO FLEIG/SANBAPHOTO



pelo canto do caburé e chegaram ao espantoso número de mais de cem. E acreditam que há mais.

Já se observou mais de meia hora de gritos, alarmes e bater de asas com o objetivo de afugentar apenas um caburé. Esse comportamento é exibido não só por pássaros pequenos, o que seria natural, já que essa coruja tem apenas 17 cm. Observamos até um pica-pau-verde-barrado (*Colaptes melanochloros*), com cerca de 28 cm de comprimento, bastante irritado com um caburé. Nessa oportunidade, o pica-pau estava a poucos centímetros da coruja e eriçava seu topete, abria as asas e a cauda, atitude acompanhada por uma série de gritos e alarmes de dois sanhaços-cinzentos, um bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) e um macho de saíra-amarela (*Tangara cayana*). Dessa vez, eles conseguiram espantar a corujinha.

O fato de presas em potencial serem atraídas por cantos de predadores é algo curioso. Matutos, ornitólogos, fotógrafos e amantes da natureza aproveitam-se desse fato e imitam o caburé com a intenção de atrair outras aves para observá-las ou admirá-las. Infelizmente, essa tática também é usada por caçadores e traficantes de animais.

Cabe, então, uma pergunta: por que uma presa enfrenta um predador? Uma ave de poucos centímetros, como um beija-flor, pode chegar a ponto de atacar um predador muitas vezes maior do que ele. É comum observar, nas cidades e no campo, bem-te-vis atacando gaviões-carrapateiros (*Milvago chimachima*), com voos rasantes e bicadas incessantes. Esse gavião, visivelmente bem maior que o bem-te-vi, pode se virar e atacá-lo. Pássaros que tomam essa atitude contra inimigos maiores são corajosos? Pode-se dizer que até demais. Mas nem sempre essas aves valentes obtêm sucesso. Em muitos casos os predadores, como o caburé, aproveitam-se dessa sequência de ataques e exhibições para capturar seu almoço.

A tática das aves não tem nada a ver com a luta de Davi e Golias, e sim com a chamada estratégia de diluição. Isso significa que, para um caburé, um pássaro se exibindo para ele representa uma chance em uma de capturar uma presa. No entanto, se esse predador está cercado por cinco aves furiosas, por exemplo, as chances passam a ser de uma em cinco. Dificilmente a coruja efetuará um ataque com baixas probabilidades. Assim, todas as presas

têm as chances de predação diminuídas.

No entanto, como diz o ditado, “um dia é da caça, outro do caçador”. O caburé pode se aproveitar de voos desgovernados e cantos estridentes para escolher, em meio às aves que tentam afugentá-lo, a sua refeição. Esta pode até ser uma ave maior que essa coruja. Como esses embates são comuns e podem ser facilmente observados, a relação entre o caburé e suas potenciais presas é um ‘prato cheio’ para pesquisas na área da etologia, a disciplina que estuda o comportamento animal.

## Altruísmo ou egoísmo?

Por que uma presa enfrenta um predador? A resposta para essa pergunta ainda é incompleta. Pode-se dizer que esta seria uma atitude egoísta: assim, cada ave estaria defendendo seu ninho, seu território e suas próprias penas. Logo, pode-se imaginar que as aves – e as espécies – ajudam umas às outras, mas com interesses egoístas. Sabe-se que os animais exibem uma personalidade individual que influencia em seus comportamentos perante diversas situações. Segundo a teoria da seleção natural, a flexibilidade das espécies é uma das melhores estratégias para a sobrevivência e a reprodução.

Por outro lado, há estudos que sugerem que esse comportamento de ajuda mútua pode ser altruísta. As aves migratórias, por exemplo, exibem essa mesma atitude diante de um predador só visto na época reprodutiva, quando estão muito longe do local onde passam a maior parte do ano. É comum aves migratórias construírem seus ninhos perto das áreas onde as aves residentes também nidificam, o que parece indicar que as aves visitantes participam das reações coletivas à presença do predador para criar um vínculo de proteção mútua entre os indivíduos que têm seus ovos ou filhotes no mesmo local. Assim, quando um predador é detectado, qualquer ave, seja visitante ou residente, está incumbida de ligar o alerta vermelho e avisar que chegou um visitante indesejado. ■

### SUGESTÕES PARA LEITURA

KREBS, J.R. & DAVIES, N.B.  
*Introdução à Ecologia  
Comportamental*,  
Atheneu Editora  
(São Paulo), 1966.  
SICK, H. *Ornitologia Brasileira*,  
Editora Nova Fronteira  
(Rio de Janeiro), 1997.

# Rabiscando a COM O

*Apanhe seu lápis favorito e comece a escrever, escrever..., rabisque e não apague. Pegue uma fita adesiva, coloque-a sobre os riscos e remova-a, cuidadosamente. Grudado nela, estará um material muito valioso e que poderá revolucionar toda a eletrônica: o grafeno, o mais novo membro de uma distinta família que inclui o grafite, os nanotubos de carbono e o famoso e eterno diamante.*

*O grafeno nasce com um currículo respeitável de aplicações tecnológicas. E, talvez, seja útil em áreas que nem mesmo existam no momento em que este artigo está sendo escrito.*

*Leitoras e leitores, com vocês, a última jovem promessa do time das substâncias formadas por carbono puro: o grafeno.*

**Adalberto Fazzio**

*Instituto de Física,  
Universidade de São Paulo e  
Centro de Ciências Naturais e Humanas,  
Universidade Federal do ABC (Santo André, SP)*

**Thiago B. Martins e**

**Antônio J. R. da Silva**

*Instituto de Física,  
Universidade de São Paulo*

# eletrônica grafeno



**A parte do lápis que o leitor usou para escrever** é feita de um material formado só por átomos de carbono: a grafite, que é uma das formas alotrópicas do carbono, ou seja, é um membro da família de substâncias que são formadas só por átomos desse elemento químico e da qual fazem parte o diamante e nomes não tão populares como fulerenos e nanotubos de carbono, sobre os quais falaremos mais adiante.

A grafite é conhecida há mais de 500 anos. Foi o químico sueco Karl Scheele (1742-1786), no final da década de 1770, que primeiro demonstrou ser a

grafite composta só de carbono. Os lápis, na verdade, não empregam a grafite pura, mas sim em uma mistura com argila. Mas a capacidade de escrever do lápis deriva basicamente do fato de a grafite ser composta por camadas de grafeno fracamente ligadas entre si (figura 1). Quando você escreve, no fundo está transferindo para o papel várias pilhas de grafeno. Na maior parte dos riscos feitos, essas pilhas contêm um grande número desses planos.

Mas é possível que haja uma região onde um único plano foi transferido para o papel! ▶

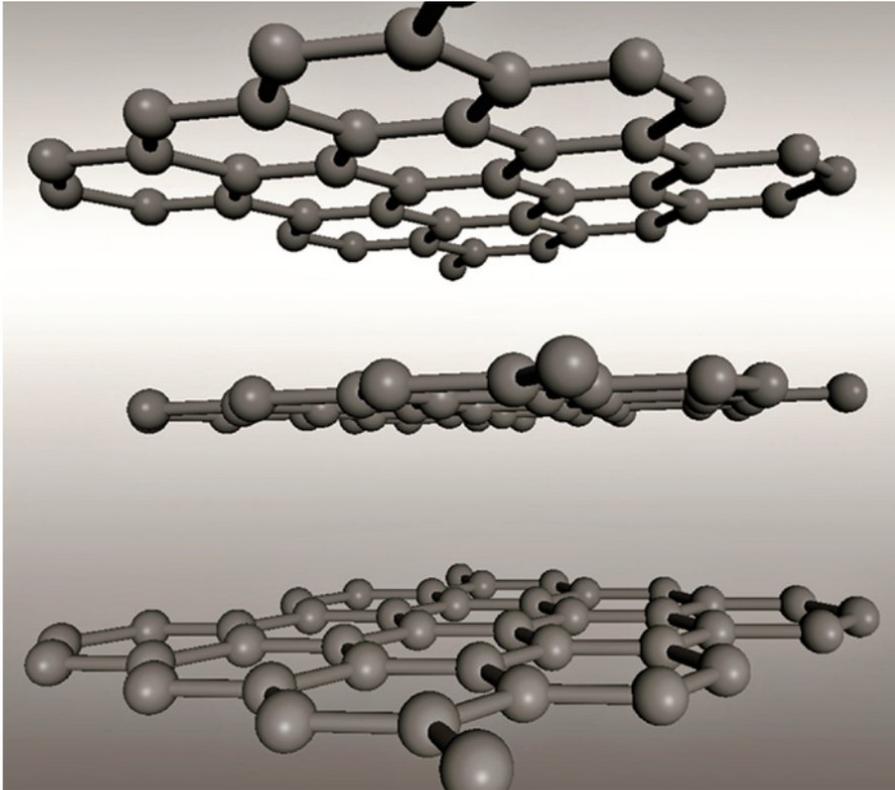


Figura 1. Planos de grafeno, que formam a grafite

## Colmeia de abelhas

O grafeno tem a menor espessura possível: apenas um átomo! No plano, esses átomos arranjam-se em uma distribuição que lembra uma colmeia de abelhas, todos dispostos nos vértices de hexágonos. Cada carbono tem três outros átomos ligados a ele, que estão mais próximos, chamados primeiros vizinhos.

Como o átomo de carbono tem quatro elétrons que participam de ligações químicas, três destes últimos fazem ligações no plano com os primeiros vizinhos. Essas ligações são bem fortes, o que garante a estabilidade estrutural do grafeno.

O quarto elétron de cada carbono ocupa uma distribuição no espaço tal que a maior chance de encontrá-lo é acima ou abaixo do plano. Além disso, esses elétrons (um por átomo de carbono) tendem a se ‘deslocalizar’ pela rede cristalina (podemos imaginar a rede cristalina como a estrutura formada pelos átomos e suas ligações químicas; em geral, a rede cristalina é tridimensional, mas, no caso do grafeno, ela é bidimensional, ou seja, plana).

Os elétrons ‘deslocalizados’, chamados elétrons  $\pi$ , são responsáveis pela maior parte das propriedades interessantes que discutiremos a seguir.

## Sacada dos experimentais

Vários físicos, incluindo nomes famosos, como o do soviético Lev Landau (1908-1968) e o de origem alemã Rudolf Peierls (1907-1995), não acreditavam ser possível obter um cristal bidimensional, porque ele acabaria se enrolando sobre si mesmo. Em resumo, seria instável. Mas, recentemente, um grupo de cientistas da Universidade de Manchester (Reino Unido), liderado pelo físico de origem russa Andre Geim, desafiou essas previsões teóricas e conseguiu estabilizar uma folha única de grafeno sobre um substrato.

Geim e colegas empregaram um método simples, semelhante ao descrito na abertura deste artigo. Resalva: não usaram lápis, mas, sim, grafite de alta qualidade, da qual extraíram planos de grafeno com fita adesiva. Posteriormente, passaram a ‘esfregar’ a grafite na superfície do óxido de silício, algo parecido com o ato de escrever com um lápis.

Porém, o fundamental era encontrar uma folha isolada de grafeno!

Quando se usa o processo da fita adesiva ou o da escrita, são transferidos para o substrato diferentes tipos de estrutura, algumas formadas por vários planos de grafeno; outras, por poucos.

E, em alguns locais, está a tão almejada folha isolada.

Diferenciar, entre todas essas estruturas, aquela que tem a espessura de um átomo é uma tarefa basicamente impossível – seria o mesmo que procurar uma agulha em um palheiro. A ‘sacada’ dos físicos experimentais foi depositar as fitas em um substrato de óxido de silício de espessura apropriada, da ordem de 300 nanômetros (ou 300 nm, sendo que cada nanômetro equivale a 1 milionésimo de milímetro).

Ao iluminar a superfície desse óxido com luz e examinar o sistema com um microscópio óptico, observou-se que as pilhas de espessuras distintas apareciam com cores diferentes (figura 2). Isso ocorre devido a um fenômeno óptico denominado interferência, semelhante ao que vemos naquelas faixas

coloridas que surgem em poças de água com óleo.

Com alguma prática, foi possível identificar qual estrutura correspondia a folhas individuais. Após a localização, foram feitos experimentos com as folhas de grafeno.

E várias surpresas quanto às propriedades desse material foram encontradas.

## Quase-partículas

Os sólidos podem ser divididos em duas classes básicas: isolantes (e semicondutores) e metais. Nos isolantes, que são maus condutores de eletricidade, para se criar uma excitação eletrônica, é necessário fornecer a eles uma quantidade finita de energia. Nos metais, porém, é possível criar essas excitações com uma quantidade infinitesimal de energia.

As características dessas excitações são tais que é possível enxergá-las como a criação de partículas livres passeando entre os átomos que formam a rede cristalina. Elas são chamadas quase-partículas, as quais existem em dois tipos básicos: os quase-elétrons e os quase-buracos (estes últimos podem ser imaginados como a ausência de um elétron de uma região que era antes eletricamente neutra). Mas o prefixo 'quase', em geral, não é utilizado e, portanto, fala-se simplesmente em elétrons e buracos, nomenclatura que adotaremos daqui em diante.

Devido à estrutura geométrica do grafeno, as equações que os físicos usam para descrever o movimento de seus elétrons (e buracos) são semelhantes àquelas empregadas para descrever o movimento dos fótons (as partículas de luz), que viajam à velocidade da luz no vácuo (300 mil km/s). O fato de os portadores de carga elétrica no grafeno poderem ser descritos desse modo (apesar de terem uma velocidade cerca de 300 vezes menor que a da luz) explica uma série de propriedades desse novo material.

## Resistente a defeitos e desordem

Outra característica do grafeno é o fato de o movimento de seus elétrons e buracos ser praticamente insensível: i) a defeitos (defeitos, por exemplo, podem ser átomos de um elemento químico estranho à composição do grafeno); ii) à desordem na rede cristalina (perda da simetria que caracteriza a rede). Essas propriedades tornam o grafeno um material muito promissor para a construção de dispositivos eletrônicos.

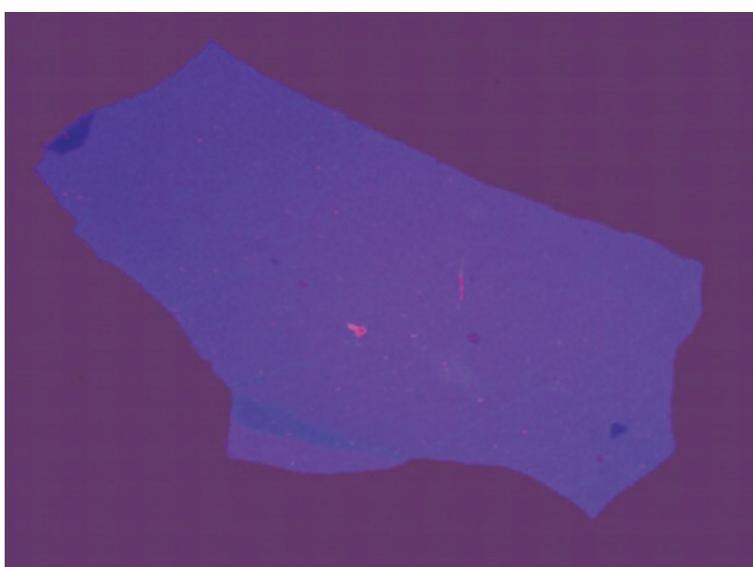
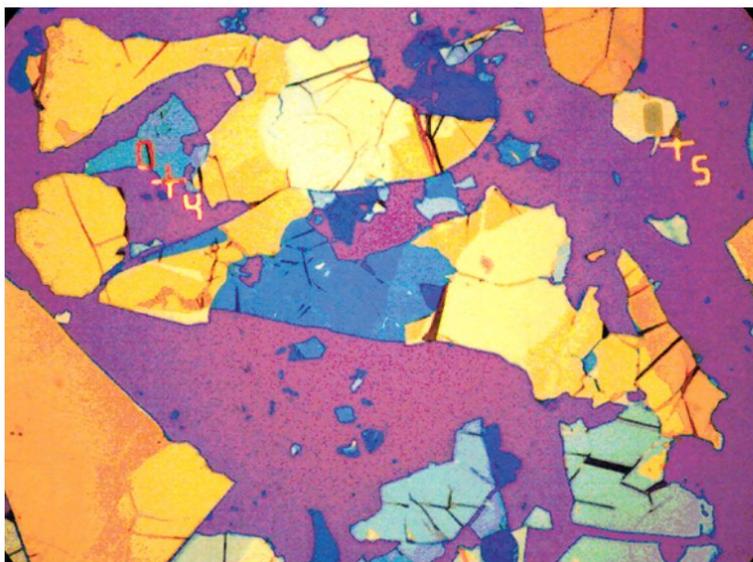


Figura 2. Acima, estruturas compostas de vários planos de grafeno, depositadas sobre uma camada de óxido de silício. Dependendo do número de planos, as estruturas aparecem com cores distintas quando iluminadas por luz visível e observadas por um microscópio óptico. Abaixo, uma única folha de grafeno

Na presença de um campo elétrico externo, os elétrons e buracos do grafeno adquirem uma velocidade média que é proporcional à intensidade desse campo; ou seja, quanto mais intenso o campo aplicado, maior a velocidade de deslocamento dos portadores. A mobilidade (razão entre a velocidade e a intensidade do campo) é uma característica importante de dispositivos eletrônicos. Para se ter uma ideia, materiais de largo emprego na indústria de semicondutores, como o silício (Si) e o arseneto de gálio (GaAs), têm mobilidade dos elétrons (à temperatura ambiente) que são aproximadamente 130 e 25 vezes menores, respectivamente, que a do grafeno.

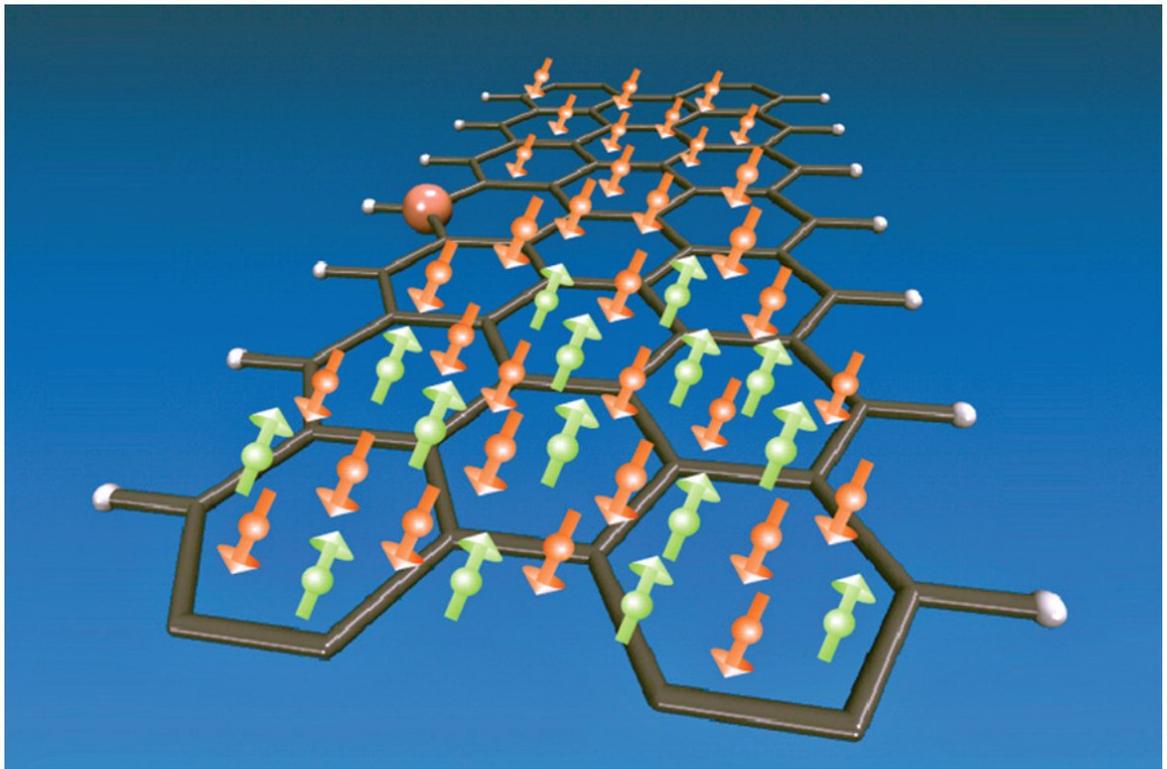


Figura 3. Conceção artística de nanofita de grafeno com um átomo de boro adsorvido na borda esquerda. As setas ilustram esquematicamente os *spins* dos elétrons. A presença do boro causa uma assimetria no transporte dos elétrons

Os elétrons em materiais normais, na presença de desordem, em duas dimensões, tendem a apresentar uma propriedade chamada de localização, que faz com que essas partículas percam mobilidade ao atravessarem a rede cristalina. No grafeno, esse fenômeno é altamente suprimido.

## Condução de calor

Para a produção de dispositivos em larga escala, o processo de deposição de folhas de grafeno em um substrato como o óxido de silício, por exemplo, é inadequado, porque este seria muito ineficiente. Assim, outra maneira de produzir essas folhas – no caso, utilizando carbeto de silício (SiC) – foi realizada pelo grupo do físico Walter de Heer, do Instituto de Tecnologia da Geórgia (Estados Unidos). A equipe partiu de um cristal de SiC, esquentando-o a altas temperaturas. Nesse processo, átomos de silício são removidos do cristal, e, na superfície deste último, são criadas camadas de grafeno. Esse procedimento abre a perspectiva de produção do grafeno em maior escala, fundamental para avanços tecnológicos e aplicações.

Um dos grandes interesses do grafeno é sua uti-

lização na nanoeletrônica. Quando uma corrente atravessa um material, ocorre uma dissipação de energia, esquentando-o, o chamado efeito Joule (um exemplo típico em nosso cotidiano é o ferro elétrico). Quando passamos para a escala nano, essa dissipação de energia por unidade de área e por unidade de tempo passa a ser um problema sério, e pode inviabilizar o dispositivo.

Por meio de um experimento engenhoso, no qual se monitorou como a luz interage com as vibrações dos átomos na rede, foi possível estudar a dissipação de energia (ou mais precisamente, a condutividade térmica) de uma folha de grafeno. Recentemente, a equipe de Alexander Balandin, da Universidade da Califórnia, em Riverside (Estados Unidos), mostrou que o grafeno transporta calor de maneira altamente eficiente, o que está associado ao modo como os átomos vibram em torno de suas posições de equilíbrio na rede cristalina.

A condutividade térmica do grafeno, devido às fortes ligações entre seus átomos de carbono, é extremamente alta, mais alta do que em outras formas alotrópicas do carbono, como o diamante, no qual essa propriedade física é elevada. Essa característica excepcional do grafeno torna-o ainda mais interessante como material para uma nanoeletrônica do futuro.

## Corte em fitas

Outro importante avanço foi a possibilidade de ‘cortar’ as folhas de grafeno, criando nanoestruturas chamadas de fitas de grafeno. Essas nanofitas – o nome vem do fato de elas terem dimensões na casa dos nanômetros – têm sido criadas utilizando-se um ‘gás’ quentíssimo (plasma de oxigênio, na verdade) que basicamente reage com os átomos de carbono do grafeno, criando ‘buracos’. A região que se deseja deixar intacta (o que virá a ser a nanofita) é protegida com uma cobertura apropriada, e a parte do grafeno não protegida é exposta ao plasma e removida. Com isso, não só as nanofitas são criadas, mas também é possível a fabricação de nanocircuitos.

Um inconveniente desse método: é difícil fabricar fitas muito estreitas (com poucos nanômetros de largura) sem que ocorra desordem em suas bordas. Entretanto, recentemente, o grupo de Hongjie Dai, da Universidade Stanford (Estados Unidos), conseguiu fabricar essas nanofitas com melhor qualidade, utilizando um processo de síntese química.

Apesar de esse processo ainda ter de ser aprimorado para a fabricação de fitas em larga escala, ele abre uma perspectiva promissora para a área de nanoeletrônica. Essas fitas apresentam, como o grafeno, propriedades interessantes. A mobilidade dos elétrons nelas ainda é alta, mas o comportamento relativístico dessas partículas não está mais presente.

Além disso, essas fitas, diferentemente do grafeno, apresentam uma característica semicondutora, necessitando de uma energia finita para que surjam as cargas condutoras de eletricidade (elétrons e buracos) nelas. Essa energia depende da largura dessas fitas, o que é bem interessante, mais uma vez, para a fabricação de dispositivos eletrônicos.

## Spintrônica

Experimentalmente, vários grupos já criaram, em laboratório, dispositivos como transistores utilizando essas fitas. Mais ainda: previsões teóricas indicam que, dependendo das características das bordas, essas fitas têm propriedades magnéticas. Isso poderia levar à fabricação de dispositivos ‘spintrônicos’, nos quais não só a carga do elétron, mas também o *spin* (momento magnético intrínseco, que pode ser imaginado como a ‘rotação’ dessa partícula) são utilizados para um controle da corrente.

Recentemente, em nosso grupo, fizemos previsões segundo as quais, substituindo átomos de carbono da borda de uma fita por átomos do elemento químico boro, seria possível causar uma assimetria na corrente dependendo do *spin* dos elétrons. Essa

também é uma importante característica para a produção de dispositivos spintrônicos.

Talvez a dificuldade de fabricação de bordas ordenadas é o que ainda tenha impedido a observação desses efeitos nas fitas de grafeno. Mas, com o avanço das técnicas de síntese, certamente teremos surpresas nessa área em um futuro breve.

## Carbonos para sempre

O carbono, nos últimos 20 anos, tem estado no foco da atenção da comunidade de físicos de matéria condensada e cientistas de materiais. Na década de 1980, os fullerenos (família de moléculas compostas só de átomos de carbono em formato de gaiola) foram descobertos e fabricados. O componente mais famoso dessa família é o fullereno, formado por 60 átomos de carbono em uma estrutura semelhante à de uma bola de futebol. A química dos fullerenos continua uma área bastante ativa, e possíveis aplicações em nanobiotecnologia têm sido consideradas.

Na década de 1990, observou-se a existência de estruturas tubulares, novamente formadas só por átomos de carbono. Chamadas nanotubos de carbono, elas podem ser entendidas como tiras de grafeno enroladas, dotadas de propriedades excepcionais, podendo ser metais ou semicondutores, dependendo de como essas tiras estão dispostas. Além disso, suas propriedades mecânicas e de transporte de calor têm atraído a atenção dos pesquisadores. Algumas aplicações desses materiais já estão no mercado, e mais delas deverão aparecer nos próximos anos.

Agora, no início deste novo milênio, finalmente sintetizou-se mais uma estrutura de carbono, o grafeno, com todas as propriedades aqui descritas.

Com isso, o carbono ocupa claramente uma posição especial na natureza. Não só ele é fundamental para a vida (pois é a base da química orgânica), mas também é o único elemento que tem a flexibilidade suficiente para gerar diversas estruturas estáveis em várias dimensões – todas baseadas na estrutura do grafeno! Entre elas, o diamante, que dispensa apresentações em função de seu *glamour* e valor comercial.

Com certeza, não só os diamantes são para sempre. O carbono também o é! ■

### Sugestões para leitura

- CASTRO NETO, A. H.; GUINEA, F.; PERES, M. ‘Drawing conclusions from graphene’. *Physics World*, novembro de 2006. Disponível em [http://physics.bu.edu/news\\_items/show/20](http://physics.bu.edu/news_items/show/20)
- GEIM, A. K.; NOVOSELOV, K. S. ‘The rise of graphene’. *Nature Materials* v. 6, p. 183-191 (2007).

# ATRADORES LUMINOSOS: poluição

Milhares de atradores luminosos ou bastões de luz (lightsticks) são descartados na costa brasileira por navios pesqueiros que utilizam a técnica de pesca conhecida como espinhel – linha resistente com grande quantidade de anzóis enfileirados. Os atradores são bastões de plástico transparente que contêm um líquido oleoso colorido cujos componentes são perigosos para muitos organismos, inclusive o ser humano. A exposição de células em cultura a esse óleo causou alterações em proteínas e no material genético (DNA), prejudicou funções celulares e levou parte delas à morte. A curiosidade e a luta pela sobrevivência levaram pescadores e catadores de lixo a ‘inventar’ novos usos para esse material: como formicida, óleo para bronzamento ou massagem e remédio para dores nas juntas, inflamações e vitiligo. Essas práticas trazem sérios riscos à saúde dos usuários, já que o líquido dos bastões, além de tóxico para as células e o DNA, pode provocar alergias e mutações. É urgente fiscalizar e punir os responsáveis por esse lixo, além de implantar coleta seletiva, dando um destino adequado aos bastões, e promover uma campanha de conscientização dos habitantes do litoral para os graves riscos do uso desse óleo.

**Etelvino J. H. Bechara**

*Departamento de Bioquímica, Instituto de Química, Universidade de São Paulo e Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de São Paulo (campus Diadema)*

**Ana Paula M. Loureiro e Amanda L. M. Silva**

*Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo*

**Raquel Bagattini**

*Instituto de Ciências e Saúde, Curso Ciências Biológicas, Universidade Paulista*

**Cassius V. Stevani**

*Departamento de Química Fundamental, Instituto de Química, Universidade de São Paulo*

**Ivan P. de Arruda Campos**

*Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Paulista*

**Fabiano P. Barretto**

*Global Garbage (Hamburgo, Alemanha)*



# ão na costa brasileira



“O mar, quando quebra na praia, é bonito, é bonito...” apenas quando as ondas não estão amareladas e pegajosas pela água de lavagem de navios ou vazamentos de petroleiros e quando as cristas das ondas não trazem garrafas, embalagens e sacos plásticos descartados por turistas, latas e fragmentos de borrachas, brinquedos, tambores e, mais recentemente, atratores luminosos. Estes últimos são utilizados em técnicas avançadas de pesca, como os espinhéis, em especial os projetados para a captura do espadarte ou meca (*Xiphias gladius*), peixe de elevado valor. Para atrair os peixes nas águas escuras, os navios prendem aos espinhéis muitos bastões com materiais que, ao reagirem, produzem luz.

FOTOS: ELIANA SARAIVA

O lixo descartado no mar por barcos e navios ou que chega a ele levado pelos rios ou por enxurradas é hoje um problema preocupante. Os centros de recepção de visitantes do Programa Brasileiro de Conservação das Tartarugas Marinhas (Projeto Tamar) exibem painéis sobre a variedade e a periculosidade do lixo coletado nas praias ou extraído das vísceras de tartarugas doentes ou mortas. Coletas sistemáticas de lixo marinho, incluindo os atratores luminosos, vêm sendo realizadas em praias brasileiras, com apoio financeiro e logístico das organizações não-governamentais (ONGs) Global Garbage, Associação dos Capitães da Areia e Lighthouse Foundation. Apenas em uma dessas campanhas, ▶

realizada pela Global Garbage em 90 km do litoral norte da Bahia, voluntários recolheram cerca de 7 mil bastões de luz. Tais coletas incluem alertas à população e às companhias pesqueiras para os riscos que podem resultar do descarte e uso inadequados desses bastões (figura 1).

## A química dos atratores

A emissão de luz pelos atratores resulta de uma reação química entre as substâncias contidas em seu interior. Esse fenômeno físico (luz) e químico (reação), denominado 'quimioluminescência', é a base da formulação de lanternas químicas ou bastões de luz. Outras substâncias, como luminol, lucigenina, lofina e bases de Schiff, também são quimioluminescentes e, embora não sejam empregadas em atratores luminosos, têm usos importantes em sistemas de detecção ultrasensíveis para análises químicas, clínicas e forenses. Um exemplo clássico é o uso de luminol para detectar resíduos de sangue em cenas de crimes (figura 2).

Os reagentes que participam da reação quimioluminescente dentro de bastões de luz estão inicialmente isolados em dois compartimentos: um recipiente de plástico (o próprio bastão) e uma ampola de vidro fina e fechada dentro dele. No compartimento externo está o 'combustível' do processo (ésteres de ácido oxálico, como o TCPO apresentada na figura 2), dissolvido em um solvente viscoso.

Essa mesma solução contém um hidrocarboneto fluorescente (ACT, na figura 2), responsável pela emissão de luz durante a reação. No outro compartimento estão o oxidante (peróxido de hidrogênio, ou água oxigenada) e o catalisador (substância que induz ou acelera a reação).

A reação química é disparada quando o bastão plástico é dobrado, quebrando a ampola de vidro em seu interior e fazendo com que, após uma boa agitação, todas as substâncias se misturem. A água oxigenada reage com o 'combustível' e produz outras substâncias, entre elas um éster de peroxiácido que, em seguida, se decompõe em duas moléculas de gás carbônico, liberando energia. Essa energia é absorvida pelo corante, mas instantaneamente este volta a seu estado normal, liberando-a em forma de luz. A luz, portanto, resulta da conversão da energia química das substâncias em energia luminosa. Ela diminui de intensidade à medida que os reagentes são consumidos. Pode durar de uma a seis horas, dependendo da concentração de reagentes e da temperatura (em locais mais frios, a intensidade da luz é menor, porque a reação é mais lenta, mas nesse caso a luminosidade dura mais). Na ausência do corante, não há emissão de luz. As cores geradas podem variar do azul até o vermelho, dependendo da estrutura da cada corante (alguns mostrados na figura 2) e da mistura de diferentes corantes.

A quimioluminescência é definida como a emissão de luz fria, visível, por reações químicas. A reação quimioluminescente dos bastões luminosos foi descrita nos anos 60 por Michael M. Rauhut, da empresa norte-americana Cyanamid, com o nome de 'sistema peroxioxalato'. Inicialmente, esse sistema foi utilizado para a fabricação de bastões luminosos componentes de equipamentos de emergência para a aeronáutica e para acampamentos, clínicas e minas.



Entretanto, logo se percebeu que podiam atrair peixes ou servir como adereços luminosos, na forma de colares e pulseiras muito apreciados hoje em festas e danceterias. Diversos produtos, com finalidades lúdicas e tecnológicas, são comercializados atualmente.

## Efeitos prejudiciais à saúde

Após o término da reação e, em consequência da emissão de luz, os bastões não deveriam ter qualquer outra utilidade. No entanto, chama a atenção, no litoral brasileiro, o fato de indivíduos recolherem os atratores que chegam à areia, não mais luminosos, e usarem o conteúdo oleoso como formicida, óleo de bronzear, óleo para massagem e até como remédio para dores nas juntas, inflamações e vitiligo. A essa altura, os constituintes originais dos bastões já foram alterados pelas reações químicas ocorridas no momento da mistura e também por sua exposição à luz do Sol.

Uma explicação para os efeitos analgésicos e anti-inflamatórios percebidos pelos usuários poderia ser a presença, nessas soluções, de ácido salicílico (o catalisador da reação) e de ésteres desse ácido, que contém átomos de cloro (produtos da oxidação do TCPO). Os ésteres salicílicos podem ser convertidos no nosso organismo em ácido salicílico, por ação de enzimas denominadas esterases. É o que ocorre com o ácido acetilsalicílico, princípio ativo da aspirina, que tem efeitos antitérmico, anti-inflamatório, analgésico e anticoagulante. No caso dos atratores luminosos, porém, o ácido salicílico gerado normalmente contém átomos de cloro, o que pode alterar seu mecanismo de ação e seus efeitos na saúde do usuário. Não há dados, na literatura científica, sobre os mecanismos de ação de clorosalicilatos como os gerados nas reações quimioluminescentes desses bastões.

Figura 1. Os atratores luminosos, que os navios pesqueiros utilizam para atrair peixes para os espinhéis (linhas com grande quantidade de anzóis) e depois descartam no mar, chegam às praias. Seu conteúdo, que pode causar alergias, mutações e câncer, é indevidamente utilizado por muitas pessoas

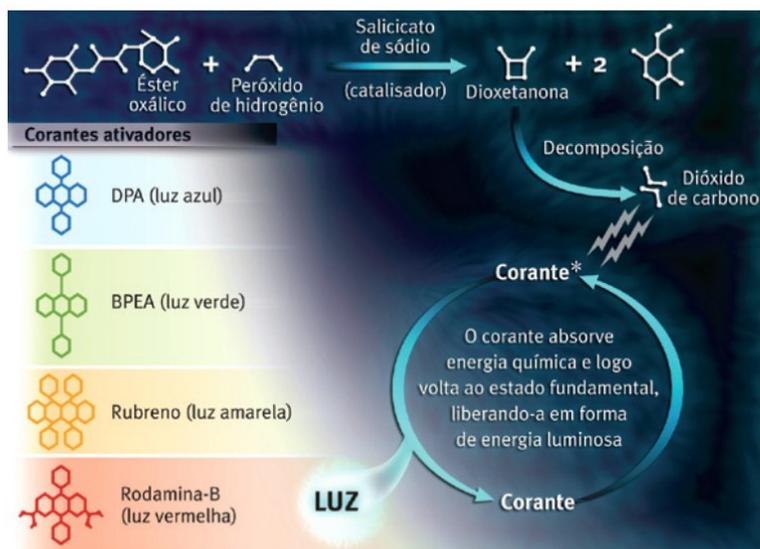


Figura 2. Esquema simplificado das reações que ocorrem nos bastões de luz com o denominado sistema 'perioxalato'. Dependendo do corante ativador (ACT) utilizado, a luz pode ter diferentes cores

Esses mesmos ésteres de ácido clorossilicólico podem explicar a ação formicida observada pelos moradores, já que suas estruturas são semelhantes às de inseticidas organoclorados. De modo geral, esses compostos são de difícil degradação e se acumulam no ambiente e nos organismos com os quais entram em contato. Muitas substâncias da classe dos organoclorados interferem na ação natural dos hormônios nos organismos, podendo causar problemas reprodutivos e levar ao desenvolvimento de câncer. Estão também envolvidos na indução de um tipo de lesão da pele conhecido como 'cloracne', caracterizada pelo desenvolvimento de cistos de coloração escura, resultantes do acúmulo da proteína queratina (presente, por exemplo, em pêlos e unhas) nas glândulas sebáceas.

Indivíduos expostos cronicamente a altas concentrações de organoclorados podem, ainda, desenvolver 'porfiria', doença caracterizada pelo distúrbio da produção do grupo químico heme, importante constituinte de diversas proteínas do nosso organismo, como hemoglobina, mioglobina, citocromos, catalases, peroxidases. Nessa doença, algumas moléculas precursoras do grupo heme (as porfirinas) acumulam-se em diversos tecidos do corpo, incluindo a pele. Essas moléculas, quando expostas à luz solar, ganham energia e a transferem para a molécula de oxigênio, o que induz a geração de espécies reativas de oxigênio, as quais danificam as células da pele. Esses indivíduos tornam-se então mais fotossensíveis, e suas partes expostas à luz, como mãos e faces, ficam ulceradas.

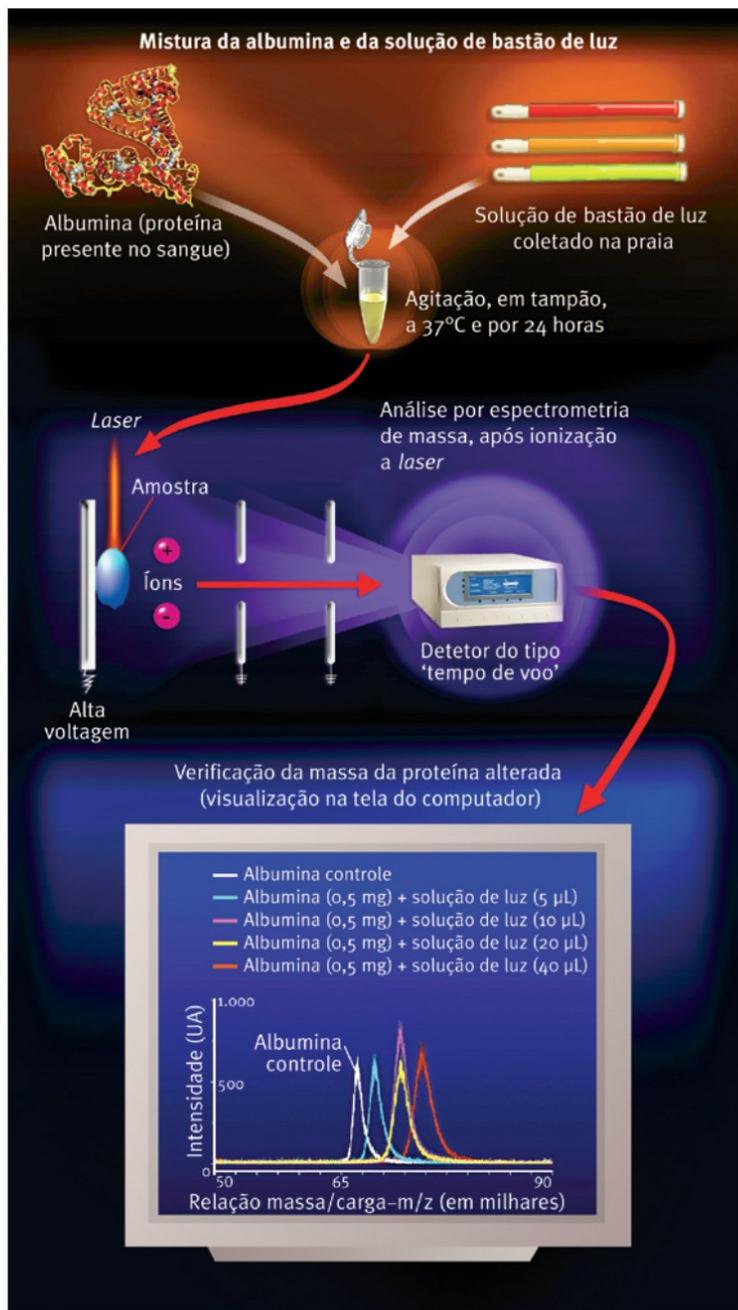


Figura 3. Alteração da massa da albumina por constituintes da solução de atrator luminoso coletado na praia

postos são alguns dos fatores importantes para a sua toxicidade. Estudos já constataram que eles podem ser tóxicos para o material genético e podem provocar mutações, câncer e desordens neurológicas.

Os chamados herbicidas fenoxiacéticos, como o comercializado com o nome de 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético), constituem outro grupo de compostos com estruturas assemelhadas às dos clorossilicatos usados nos bastões de luz. Estudos apontam o 2,4-D como tóxico para o material genético, os neurônios e o fígado e como capaz de provocar mutações e interferir no sistema imunológico. O epidemiologista Allan H. Smith e colaboradores, em 1984, já haviam observado a indução de sarcoma em indivíduos expostos a herbicidas fenoxiacéticos e clorofenóis na Nova Zelândia.

## Elevado risco de câncer

E quanto aos usos do conteúdo dos atratores luminosos como bronzeador e para tratamento do vitiligo que os habitantes das praias também ‘descobriram’? Esses óleos contêm hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, conhecidos como HPAs, os quais podem ser os responsáveis pelo bronzeamento – tais hidrocarbonetos têm esse nome porque apresentam em suas moléculas mais de uma cadeia fechada de átomos de carbono em forma de anel (anel aromático). Eles absorvem luz e geram novos compostos reativos (ação fotodinâmica) que podem contribuir para a oxidação da melanina, um pigmento presente na epiderme, levando ao rápido escurecimento da pele. Nesse processo, células da pele também são danificadas e mortas, o que é um estímulo para a síntese de mais melanina, resultando em mais bronzeado. Entretanto, os danos às células associados a esse efeito podem levar a processos inflamatórios, ao envelhecimento e ao desenvolvimento de diversos tipos de câncer de pele, incluindo o temido melanoma.

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos são amplamente distribuídos no meio ambiente. Resultam da combustão de diesel e gasolina (em motores de veículos e outras máquinas e equipamentos), além de carvão mineral e vegetal, e também de incêndios florestais, da queima de cigarros, das emissões de fotocopiadoras e de alguns processos industriais (produção de alumínio, coque e eletrodos de carbono, por exemplo). Esses compostos são comumente inalados, ingeridos e absorvidos pela pele, mas um importante fator a ser considerado é a concentração a que estamos expostos. A exposição a altos níveis, de forma crônica, pode levar ao desenvolvimento de câncer de di-

Para dar uma idéia dos possíveis efeitos do ácido clorossilicílico, basta lembrar que sua estrutura é muito semelhante à de compostos denominados policlorofenóis, os quais, segundo estudos, acumulam-se em humanos e outros organismos aquáticos e terrestres. Um importante representante desses compostos é o pentaclorofenol (PCP) e seus sais, utilizados por muito tempo como herbicidas, biocidas e para preservar madeira (no Brasil, o sal de sódio é conhecido por madeireiros como ‘pó da China’). O uso deste e de outros policlorofenóis é proibido em vários países, como Alemanha, Taiwan e China. O número e a posição dos átomos de cloro nas moléculas desses com-

versos órgãos, como pulmão, pele, bexiga e próstata.

Já no século 18 o médico inglês Percivall Pott (1714-1788) observou alta incidência de câncer de escroto em limpadores de chaminés. O desenvolvimento da doença foi associado ao acúmulo de fuligem nas pregas escrotaais. Mais tarde, o simples cuidado com a higiene após o trabalho contribuiu para a redução da incidência da doença. Hoje sabemos que a fuligem é rica em hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e que muitos provocam mutações em bactérias e em células humanas e geram cânceres em animais experimentais. São, portanto, suspeitos de terem papel revelante no surgimento de muitos cânceres humanos, segundo a Agência Internacional de Pesquisa do Câncer (IARC, na sigla em inglês).

Para completar a composição 'bombástica' da solução de um bastão de luz, há o solvente viscoso, em geral um derivado de ácido ftálico. Muitos representantes da classe dos ftalatos (amplamente usados em produtos plásticos) agem como interruptores endócrinos, ou seja, interferem na função normal de hormônios do nosso organismo. Podem, dessa forma, promover o desenvolvimento de tumores. Além disso, muitos provocam alergias. A constatação de que os ftalatos afetam o sistema imunológico e reprodutor de ratos e camundongos que recebem essas substâncias tem feito com que seu uso em plásticos, cosméticos e outros produtos seja muito questionado. Estudos com esses compostos, em animais, também revelaram tumores de fígado e dos testículos, bem como lesões no DNA de células humanas (linfócitos, espermatozoides e células pulmonares).

Mais uma vez, é importante prestar atenção nas concentrações utilizadas e na duração e frequência da exposição para que possamos fazer a adequada avaliação do risco de desenvolvimento de doenças. O médico Robert J. Hoffman e colaboradores, em 2002, relataram que crianças e adultos jovens de Nova York que ingeriram o conteúdo desses bastões em festas e discotecas tiveram irritação transitória nos locais de exposição, sem morbidade significativa ou mortalidade.

Alguns dados do trabalho de pesquisa realizado pelo nosso grupo reforçam a preocupação existente com a exposição ao conteúdo dos bastões de luz. Até o momento verificamos que os conteúdos de atratores capturados em praias são capazes de modificar albumina (figura 3) e bases do DNA (figura 4) em reações em laboratório. Sabemos que um derivado do constituinte clorado das soluções é uma das espécies reativas presentes, uma vez que uma das lesões de DNA isoladas apresentou dois átomos de cloro em sua estrutura. Além disso, a exposição de células de fígado (mantidas em cultura) a um volume mínimo (0,25 microlitro) do líquido extraído de atratores luminosos usados, dissolvido em 20 mililitros de meio



Figura 4. Lesão induzida em base do DNA por um constituinte da solução de bastão de luz coletado na praia, identificada por técnicas de cromatografia

de cultura, levou 20% dessas células à morte após 16 horas, registrando-se ainda aumento significativo de danos no DNA (figura 5). Isso foi verificado pela análise de uma lesão mutagênica resultante do ataque de espécies reativas de oxigênio à base guanina, no DNA. Nossos estudos estão caminhando no sentido de desvendar mecanismos que levem aos efeitos que temos observado.

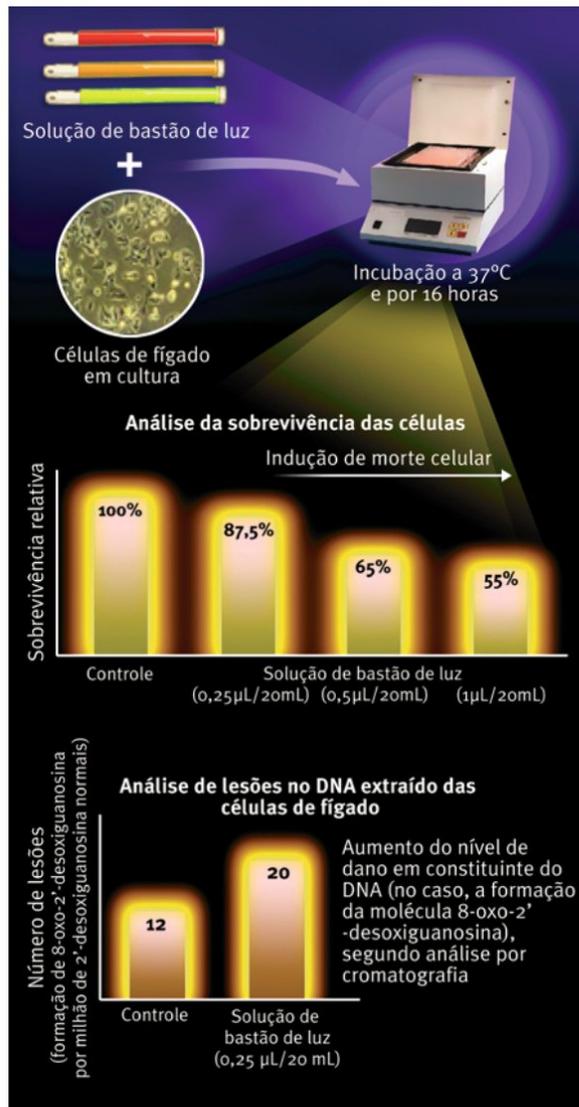


Figura 5. Morte de células do fígado e dano ao DNA celular induzidos por constituintes da solução de atrator luminoso coletado na praia

## Prevenir, não remediar

Os dados apresentados mostram que as soluções utilizadas em atratores ou sinalizadores luminosos contêm substâncias que pertencem a classes de compostos amplamente descritas na literatura científica como indutoras de efeitos tóxicos. Embora não existam estudos com os constituintes específicos das soluções desses bastões de luz, é possível imaginar que a exposição de indivíduos a essas soluções pode aumentar o risco de desenvolvimento de doenças, como o câncer. Já que tal exposição é totalmente desnecessária e perigosa, é importante que a população – em especial nas áreas litorâneas – seja adequadamente alertada quanto ao risco que essas substâncias oferecem à saúde, para que possa evitá-las. Em geral, nas embalagens dos atratores é mencionado que o produto não é tóxico, o que deixa a população despreocupada em relação ao mesmo e, por isso, facilita seu uso indevido, de várias maneiras.

São incompletos os dados sobre a composição química das várias marcas de atratores luminosos lançados por navios pesqueiros nas praias brasileiras e sobre seus efeitos tóxicos, que ainda estão em fase inicial de caracterização. É necessário investigar mais detalhadamente a capacidade dessas soluções de provocar alergias, mutações e câncer em estudos em culturas de células, como os que estamos realizando, e em animais experimentais.

Há que se pensar e aplicar medidas de prevenção, por meio de programas de educação e divulgação para os grupos de risco, e políticas de fiscalização e repressão desses crimes ambientais. Não se pode esquecer que adereços luminosos desse tipo (braceletes, colares, bastões e outros) são amplamente comercializados em festas, sendo utilizados até por crianças, sem qualquer preocupação com o manuseio desses materiais e seu descarte.

### Sugestões para leitura

STEVANI, C. V. & BAADER, W. J. 'O sistema quimiluminescente peróxi-oxalato', in *Química Nova*, v. 22 (5), p. 715, 1999.  
 ALBERTIN, R.; ARRIBAS, M. A. G.; BASTOS, E. L.; ROEPKE, S.; SAKAI, P. N.; SANCHES, A. M. M.; STEVANI, C. V.; URNEZU, I. S.; YU, J. & BAADER, W. J. 'Quimiluminescência orgânica: alguns experimentos de demonstração para a sala de aula', in *Química Nova*, v. 21 (6), p. 772, 1998.  
 CAMPBELL, A. K. *Chemiluminescence principles and applications in biology and medicine*. VCH, Chichester (Inglaterra), 1988.

#### Na internet

Página do Laboratório de Bioluminescência de Fungos, da USP ([www.iq.usp.br/wwwdocentes/stevani/FungusLux/inicial.html](http://www.iq.usp.br/wwwdocentes/stevani/FungusLux/inicial.html))

Página do Programa de Pós-graduação em Toxicologia e Análises Toxicológicas, da USP ([www.fcf.usp.br/Departamentos/FBC/br/toxico.asp](http://www.fcf.usp.br/Departamentos/FBC/br/toxico.asp))



# Cemitério de navios

**H**á mais de dois séculos, navegadores de terras distantes desafiavam os perigosos mares do Sul. Em busca de novas rotas comerciais, embarcações de toda a Europa exploravam caminhos até então desconhecidos ao longo da costa brasileira. Mas as águas do litoral do Rio Grande do Sul não tardariam a mostrar sua inclemência, engolindo em suas profundezas até os mais experientes marujos. Nos mais de 270 anos de história do Rio Grande do Sul, já foram registrados pelo menos 280 naufrágios no litoral do estado.

Os séculos se passaram e a tecnologia de navegação evoluiu. Mas não o suficiente. Embora as embarcações sejam hoje muito mais seguras, equipadas com modernos sistemas de previsão do tempo, ainda é difícil vencer o principal inimigo dos exploradores dos mares austrais: o clima. “Tanto pela formação topográfica,

quanto pelas condições hidrográficas e meteorológicas, a costa gaúcha foi palco de inúmeros acidentes marítimos, que ainda continuam a ocorrer, apesar dos avanços técnicos na navegação”, diz o oceanógrafo Rodrigo Torres, da Universidade Federal do Rio Grande (Furg), autor do estudo *Mapeamento e caracterização dos sítios arqueológicos de naufrágio do Rio Grande do Sul*.

Entre os fatores climáticos que dificultam a navegação nesse litoral, destacam-se perigosos ventos. Ciclones, frentes frias, fortes ondas e pouca visibilidade também reduzem a margem de segurança da navegação. Mas o maior perigo fica por conta dos ventos do quadrante sudeste. Conhecidos pelos navegantes como ‘carpinteiros da praia’, são os que mais ameaçam a região. De acordo com Torres, “eles costumam empurrar as embarcações em direção à costa,

desmantelando-as sobre dunas”. É comum a formação de ciclones na região, resultando em ventos que podem ultrapassar 70 km/h.

Sendo o litoral gaúcho uma região tão crítica para a navegação, por que os navegantes insistiam em desafiar condições tão adversas? A resposta é simples. “O porto da cidade de Rio Grande, a 10 milhas do estuário Laguna dos Patos, teve papel decisivo na colonização portuguesa em terras do Sul do Brasil”, diz Torres. A partir do século 18, o porto começou a receber grande variedade de mercadorias. Além disso, o porto de Rio Grande era (e ainda é) um ponto estratégico para as rotas

FOTO SERVIÇO DE SINALIZAÇÃO NÁUTICA



Embarcação *Magalhães II* (foto menor) na zona de arrebenção do litoral do Albardão, no sul do Rio Grande do Sul, 12 horas após o acidente e, completamente destruído menos de uma semana após o acidente

FOTO FLÁVIO NEVES



Navio *Schmitt Hasegawa II*, encalhado próximo ao município de São José do Norte (RS). À direita, restos de um navio não identificado encalhado na costa do Albardão, litoral sul do Rio Grande do Sul



marítimas entre a Europa e o rio da Prata – à época o principal acesso aos mercados sulinos.

Hoje os eventuais acidentes marítimos registrados na área ocorrem por outro motivo: a pesca. Não são poucos os barcos da indústria pesqueira que se arriscam a desafiar a natureza em uma zona tão perigosa. Afinal, a região é excelente para a atividade. “Condições biológicas determinadas pelo fenômeno da convergência subtropical (um encontro de massas de água) propiciam grande riqueza de espécies”, explica Torres. Pode-se pescar desde anchovas, tainhas e pescadas até atum e outros peixes de alto valor comercial.

### Acidentes

Um dos naufrágios mais lembrados da história do litoral gaúcho é o do vapor brasileiro *Rio Apa*, que foi a pique ao largo da barra de Rio Grande em 11 de julho de 1887. É provável que a embarcação, que vinha do Rio de Janeiro, tenha sido vítima do temido ‘carpinteiro da praia’. A tragédia tirou a vida de 119 pessoas e recebeu grande destaque nos jornais da época.

Mas o naufrágio mais emblemático, ocorrido entre 7 e 8 de

junho de 1861, é o da barca inglesa *Prince of Wales*. Vinda de Glasgow, na Escócia, rumava para Montevidéu, quando acabou encalhada em uma praia gaúcha. “Transportava principalmente louças e carvão mineral e, após o acidente, foi saqueada por fli-busteiros de praia que moravam nesse trecho arenoso da costa”, conta Torres.

Em tempos recentes, um naufrágio muito comentado é o do barco pesqueiro *Magalhães II*, ocorrido em 2004. Assaltado por fortes ventos, desviou-se de seu rumo e foi lançado à praia, onde encalhou. No momento do acidente, a tripulação estava dormindo. Não houve mortes, mas, em menos de uma semana, a embarcação foi completamente destruída pelos ventos, e seus destroços espalhados pela praia.

### Arquitetura naval

Nas pesquisas de Torres, a arquitetura naval aparece como valiosa fonte de informação arqueológica. “Um barco é um produto idealizado a partir de vários elementos e técnicas construtivas que remetem a períodos e situações históricas”, diz o oceanógrafo. Para ilustrar, ele cita as embarcações

da primeira metade do século 19, cujo costado (parte exterior do casco, que fica fora da água) era forrado de cobre para evitar a ação de moluscos que comem madeira. “Se encontramos então um navio com casco revestido de cobre, podemos deduzir que ele é anterior a 1870”, explica.

Além do costado, outros elementos da arquitetura naval também são analisados. Os principais são a quilha (comparável a uma ‘espinha dorsal’ do casco), o cavername (comparável às ‘costelas’) e as tábuas (que revestem o casco externamente). “Pela análise desses elementos, é possível acompanhar a evolução da construção naval ao longo dos séculos.”

Costado de um navio não identificado, encalhado nas imediações do late Clube de Rio Grande (RS)



A estrutura de uma traineira de pesca hoje, diz o oceanógrafo, é exatamente a mesma de uma caravela do século 16. As proporções entre comprimento e largura permanecem inalteradas. A única diferença é que trocamos a mastreação pelos motores – com alterações também no sistema de lastro.

O fato é que, antigas ou modernas, as embarcações que adentram as águas desse litoral implacável dificilmente fazem travessias tranquilas. Os números oficiais (cerca de 280 acidentes nos últimos dois séculos) são imprecisos. “Provavelmente esse número é maior”, supõe Torres. “Ainda não temos um levantamento completo dos naufrágios nos últimos 60 anos.” De qualquer modo, o litoral gaúcho é uma área rica em sítios arqueológicos. Mas, de acordo com o oceanógrafo, as embarcações ali naufragadas permanecem como fontes documentais pouco estudadas.

Raros grupos de pesquisa arqueológica investigam embarcações submersas no Brasil. E o estudo de naufrágios em zonas intermareais (praias) é ainda mais restrito, limitando-se, no país, à equipe de Torres. O oceanógrafo ressalta a importância de se conhecer esse patrimônio esquecido e considera seu estudo essencial para a compreensão da cultura marítima do Rio Grande do Sul.

### Henrique Kugler

Especial para *Ciência Hoje*/PR



## ODONTOLOGIA

### LEITE EM PÓ PODE CAUSAR CÁRIE EM BEBÊS

Um estudo da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP) demonstrou que determinadas fórmulas de leite em pó infantil podem levar ao desenvolvimento de cárie em dentes de leite. Depois de pesquisar o tema por um ano e meio, para sua dissertação de mestrado, a cirurgiã-dentista Anna Maria Cia de Mazer Papa concluiu que o leite em pó infantil, mesmo sem açúcar, pode induzir o surgimento de cárie em bebês.

Nas análises coordenadas por Cíntia Pereira Machado Tabchoury, Papa utilizou dois leites de uma mesma marca, sendo um à base de proteína animal e o outro à base de soja; ambos indicados para bebês de seis meses a um ano de idade. Doze voluntários adultos saudáveis participaram das análises, utilizando aparelhos palatinos com dentes de leite acoplados, nos quais gotejavam as soluções dos leites em pó oito vezes por dia, por 10 dias. Depois, repetiu-se o procedimento, com líquidos, como a água e sacarose, em vez de leite. Simulou-se uma situação de não escovação dental e não foi usado flúor na pasta dental, substância protetora do esmalte dentário.

Segundo a cirurgiã-dentista, os leites em pó infantis contêm carboidratos (açúcares), e determinados tipos de carboidratos podem levar a uma maior perda mineral do dente, induzindo a formação de cárie. “Os leites em pó contêm um carboidrato chamado maltodextrina, ausente no leite materno ou bovino. Provavelmente são açúcares desse tipo que fazem com que esse leite favoreça o desenvolvimento de cárie em dentes de leite”, explica. Ela observa que outras mar-



cas de leite em pó infantil com formulação parecida, especialmente em relação a carboidratos, possivelmente terão os mesmos efeitos. “Algumas formulações no mercado contêm, além da lactose e da maltodextrina, a sacarose, o mais cariogênico dos carboidratos”, afirma.

Papa não considera necessário que se pare de consumi-los. Para ela, outro fator importante no desenvolvimento da cárie em crianças pequenas é o uso de uma dieta inadequada, como mamadeiras com sucos e leites açucarados. “À noite, principalmente, esse procedimento é mais prejudicial à saúde dental da criança, pois é o período em que a saliva, que lava os dentes constantemente, está em níveis mais baixos, e o açúcar fica mais tempo estagnado na boca”, acrescenta. Ela recomenda a redução do açúcar colocado nas mamadeiras (e na dieta como um todo) e uma escovação controlada dos dentes da criança. “E, mais tarde, pretendemos desenvolver e propor uma forma de diminuir o potencial cariogênico desses produtos”, afirma.

**RECORDE DE MORTES POR RAIOS** • Segundo levantamento do Grupo de Eletricidade Atmosférica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Elat/Inpe), o Brasil teve em 2008 o maior número de mortes por raios da década. O ano de 2001 era recordista, até então, com 73 mortes, mas, em 2008, 75 pessoas morreram atingidas por descargas elétricas. O número de raios no país também foi maior que no ano anterior, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, onde caíram mais de 60 milhões de raios. A previsão é que, em 2009, esse número se mantenha. O maior número de mortes por raios foi no estado de São Paulo (20 mortes), seguido por Ceará (7), Alagoas (6) e Rio Grande do Sul (5). A maior parte dos casos (63%) aconteceu na zona rural.

# Exploração sustentável

À esquerda, carne de tubarões exposta no mercado de peixes em Ubatuba (SP). À direita, alguns exemplares da espécie *Rhizoprionodon lalandii*



DIVULGAÇÃO

Os tubarões, animais entre os de maior perigo de extinção do planeta, são livremente capturados em quase toda a costa brasileira – exceto no Rio Grande do Sul, onde há uma lei que proíbe a pesca de cinco espécies. Devido a essa falta de regulamentação e à demanda crescente por carne e nadadeiras de tubarões, pesquisadores afirmam que em 10 anos, se nada for feito para controlar a pesca industrial e artesanal, aproximadamente 90% das espécies desse peixe terão desaparecido no litoral do país.

Frente à escassez de dados relativos às espécies mais capturadas, o biólogo Fernando Mendonça, do Laboratório de Biologia e Genética de Peixes da Universidade Estadual Paulista (Unesp), em Botucatu, criou uma metodologia para identificação dos tubarões pescados na costa brasileira. Segundo Mendonça, a metodologia já possibilitou a identificação de 12 das 25 espécies existentes no litoral brasileiro e, em breve, poderá abarcar todas.

A técnica usada por Mendonça, chamada PCR-multiplex (reação em cadeia da polimerase, na sigla em inglês), envolve a identificação das espécies por meio de um exame de DNA. “Cada espécie

tem características genéticas exclusivas e são essas diferenças que possibilitam a identificação”, explica Mendonça. Pequenos fragmentos de tubarões pescados (músculo, cartilagem, pele, sangue etc.) são recolhidos em mercados e em desembarques de peixes, e, com a autorização dos pescadores e comerciantes, levados para laboratório para a realização do exame de DNA. Como a pesca de tubarão é realizada em todo o litoral brasileiro, a coleta de amostras foi feita em diversas regiões onde o desembarque é mais frequente. Salvador (BA), Macaé (RJ), Ubatuba e Santos (SP), Itajaí (SC) e Torres (RS) são algumas das cidades.

A metodologia dispensa a análise morfológica das espécies e seu processo laboratorial é simples e de baixo custo. Um segundo passo do processo consiste na avaliação da proporção de espécies mais capturadas em relação aos seus estoques originais, o que possibilita a fiscalização daquelas em maior declínio populacional e que precisam de maior proteção.

## Preservação e comércio

Além de criar bases para o desenvolvimento de planos de conservação das espécies ameaçadas,

Mendonça aponta outros aspectos beneficiados pela metodologia: “Os dados gerados também podem ser aplicados comercialmente como método de certificação da carne e, principalmente, das nadadeiras. O comércio das nadadeiras de tubarão é legalizado, extremamente lucrativo e tem seu preço determinado também pela espécie à qual elas pertencem.”

Grande parte da pesca de tubarões no litoral brasileiro se deve à chamada ‘captura accidental’, na qual os animais ficam presos na rede de pesca sem serem o alvo de captura. Como as nadadeiras de tubarão são muito valorizadas no mundo todo (na Coreia, seu valor pode chegar a US\$ 400 o quilo), os animais não são devolvidos ao mar. Em especial na pesca industrial, eles já chegam ao porto cortados e abertos, prejudicando assim o reconhecimento das características morfológicas das diferentes espécies. Por isso, apenas 22% dos tubarões capturados no Brasil recebem algum tipo de identificação. Os demais são conhecidos apenas por seus nomes populares – tubarão ou cação – que, em geral, abarcam mais de uma espécie.

**Isabela Fraga**  
Ciência Hoje/RJ

# O limite da lei

O usuário que faz uma cópia não autorizada de uma obra é um criminoso? O tempo que um trabalho leva para entrar no domínio público deve ser reduzido? Há novas formas de licenciamento que garantam a remuneração do autor? Essas foram algumas das questões discutidas no Fórum Livre de Direito Autoral, realizado entre 15 e 17 de dezembro último na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Uma das mesas-redondas do evento, intitulada 'Proprietários e piratas', juntou especialistas de várias áreas para discutir os limites da legalidade e possíveis mudanças na lei.

Para o espanhol Joaquín Herrera Flores, da área de Filosofia do Direito da Universidade Pablo Olavide (UPO), em Sevilha (Espanha), é preciso substituir o conceito de propriedade intelectual e cultural pelo de criação de conteúdo e de democratização cultural, de maneira a atender os interesses de três grupos: os autores, que necessitam receber remuneração pelo seu trabalho; os investidores; e os distribuidores. "O público não é inimigo do autor. O 'inimigo' é o desequilíbrio de poder entre este e os investidores e distribuidores. Por isso, a lei deve buscar soluções para essa discrepância," afirmou Herrera.

A mudança na legislação atual, segundo o espanhol, deve abordar o fato de 90% da remuneração gerada por uma obra ser direcionada às grandes empresas transnacionais, e não culpabilizar o usuário, garantindo ainda seu direito de acesso e recriação do conteúdo. "Atualmente, é possível ceder gratuitamente uma obra e obter outros benefícios, como uma maior

divulgação. Há também estratégias para garantir a renda por meios alternativos, como o adicional de pirataria incluso no preço de mídias virgens", revelou Herrera.

Já para o advogado Guilherme Carboni, coordenador de Pós-graduação em Direito da Fundação Armando Alves Penteado (Faap), o sistema de proteção autoral, na sua forma atual, é fruto de decisões políticas tomadas em um determinado momento histórico. Sua função é garantir a remuneração do autor, conferindo valor ao trabalho, e cercear o uso da obra por aqueles que não a criaram. "O problema é que a informação não é um bem escasso, ela é fluida, por isso, é difícil aplicar instrumentos de apropriação de mercadoria a ela", disse Carboni.

Esse cerceamento impede o direito de acesso à informação do público, especialmente em setores importantes para o país, como a educação. Haveria, assim que se aplicar uma interpretação ao direito autoral que leve em conta a sua função social, como mecanismo de estímulo à criação intelectual e não como um obstáculo. Esse seria o caminho para trabalhar uma alteração na lei, o que, necessariamente, envolveria uma discussão a respeito da revisão das limitações em situações de relevância social para o país e a permissão da cópia privada, sem fins lucrativos. No entanto, ele ressaltou que qualquer mudança estará sujeita aos acordos internacionais firmados pelo Brasil na área. "Não será possível, por exemplo, reduzir o tempo de passagem para o domínio público para menos de 50 anos após a morte do autor, pois este é o limite mínimo esta-



belecido internacionalmente", constatou.

O filósofo Henrique Antoun, coordenador do CiberIdea, o núcleo de pesquisa sobre ciberculturas da UFRJ, observou que a discussão corrente no direito autoral começou com o surgimento do 'grande autor' – grandes empresas (redes de televisão, gravadoras e estúdios de cinema) que se tornaram autoras de tudo. "Nesse cenário, a acusação de pirataria se torna uma maneira de criminalizar qualquer manifestação, seja de cópia ou utilização, em favor do 'grande autor'", afirmou.

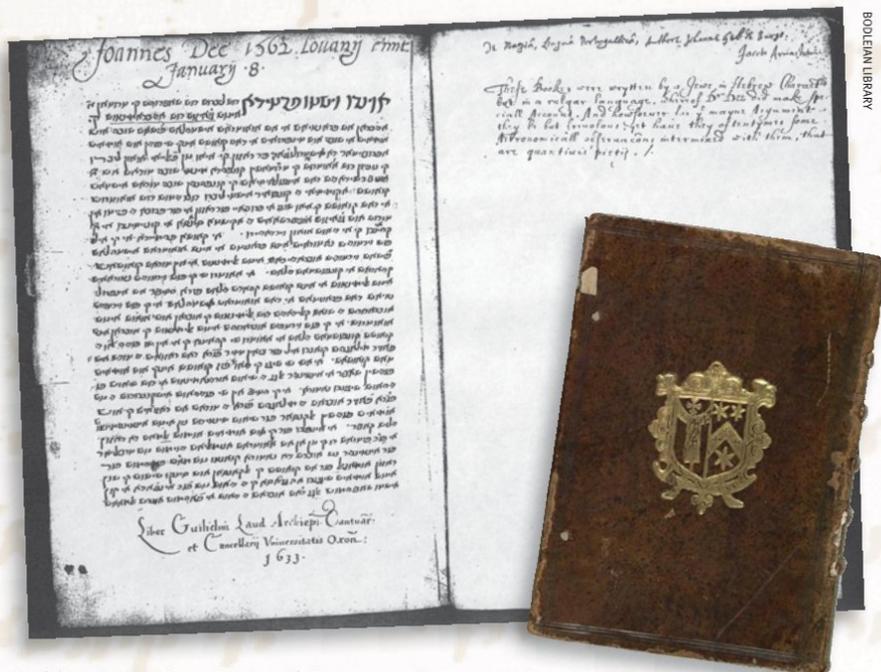
Antoun vê a situação como um embate entre o poder constituído, aquele que determina o que faz parte da legalidade, e o poder constituinte, que ainda não ganhou direito de lei, mas é defendido por movimentos sociais, por exemplo. Para ele, a cassação dos direitos do consumidor vai depender da tolerância do público, pois é com base nessa tolerância que é estabelecido o limite da lei. "Se o 'grande autor' ganhar, podemos ter uma situação limite na qual, para que todos os membros de uma família assistam a um filme, cada um terá que comprar um exemplar do DVD", advertiu.

**Fred Furtado**  
*Ciência Hoje/RJ*

# Magia do século 15

Uma tese peculiar, em estudos linguísticos, foi defendida na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG): a edição e o estudo de um guia astrológico da primeira metade do século 15, uma aljâmia – texto escrito em uma língua com caracteres de outra – em português com caracteres em hebraico. Intitulado *De Magia*, o códice (texto que não é em forma de rolo) é composto por 416 fólios (832 páginas) e foi escrito por duas pessoas, algo percebido a partir da identificação de duas caligrafias. Alexia Teles Duchowny transcreveu as 168 páginas que formam o “primeiro punho” do *De Magia*, ou seja, a primeira pessoa que o escreveu. “Mas transcrever as 832 páginas é trabalho para uma vida inteira”, afirma a linguista. Afinal, a transcrição tomou três dos quatro anos do seu doutorado, passado entre o Brasil e a Inglaterra – mais precisamente, em Oxford, onde se encontra a Bodleian Library, que tem a posse do códice.

Segundo Duchowny, *De Magia* é um guia astrológico dividido em sete partes, com explicações sobre os planetas, constelações, mapas astrais, características dos signos do zodíaco, tempos favoráveis para realizar certas ações, modos de se tratar doenças e epidemias causadas pelas influências astrais etc. “Na Idade Média, a astrologia pouco diferia da astronomia, e tinha um peso enorme na vida das pessoas”, conta. No entanto, há uma contradição: a religião também era um elemento de muita força no século 15, e tanto a religião católica quanto a judaica rejeitavam a astrologia. Duchowny explica a força desses dois elementos antagônicos no imaginário europeu pela mentalidade da época: “A visão de mundo



O códice *De Magia*, guia astrológico provavelmente escrito por um judeu português, trazia explicações sobre os planetas, mapas astrais, épocas favoráveis para a realização de certas ações e modos de se tratar doenças causadas pela influência dos astros – ao lado, páginas e capa frontal do códice, que, conforme a escrita em hebraico, abre-se de trás para frente

era muito menos racional e mais mágica. Por isso, a astrologia tinha tanta força, apesar das religiões que a rejeitavam.” De fato, há também a hipótese de o guia ter sido escrito com caracteres hebraicos para que ele não fosse lido por cristãos.

## Autoria incerta

O autor do *De Magia*, para Duchowny, é provavelmente um judeu português. “Na Idade Média, quase toda a população era analfabeta, e os judeus, mesmo iletrados, aprendiam noções de hebraico a partir dos 13 anos (idade do Bar Mitzvah)”, explica a linguista. “Então, imagino que o autor escreveu com caracteres hebraicos porque não conhecia os latinos, como a maioria da população daquela época.”

O guia é assinado por João Gil de Burgos, de quem se tem poucas informações. É inclusive

incerto se Burgos é de fato o autor do texto. A ambiguidade é reforçada por uma frase escrita no colofão (marca na última página do livro com a data e o nome do escritor): “Aqui se acaba o sétimo livro de mágica que compôs João Gil de Burgos (...)”. O verbo “compor”, segundo Duchowny, deixa dúvidas se o nome assinado é o do autor, de um copista ou de um tradutor.

## Trabalho árduo

A trajetória do *De Magia* até as mãos de Duchowny foi longa. Escrita em Portugal, a obra seguiu para a Bélgica e de lá passou para a biblioteca de um famoso matemático alquimista inglês, John Dee. Não se sabe, ao certo, como a obra foi para a Bélgica, mas se sabe que em 1497 o rei D. Manuel decretou a expulsão dos judeus que não se convertessem ao cristianismo. Os judeus exilados levaram

## BIODIVERSIDADE EM SISTEMAS AGRÍCOLAS

seus livros consigo e isso talvez explique por que o *De Magia* chegou à Bélgica, diz Duchowny. Mais tarde, John Dee entrou em dificuldades financeiras e foi obrigado a se desfazer pouco a pouco de sua biblioteca, e o *De Magia* foi comprado pelo arcebispo William Laud, um dos fundadores da Bodleian Library. O acaso foi responsável pelo resto: o co-orientador de Alexia, o filólogo César Nardelli Cambraia, encontrou por acaso um comentário sobre o *De Magia* no sítio da Philobiblon e mostrou a ela, que já havia estudado o judeu-espanhol ou ladino e escolheu o texto para seu doutorado.

A transcrição dos caracteres hebraicos para latinos foi muito mais difícil e trabalhosa do que ela havia pensado. Em hebraico – e o mesmo acontece com a aljamia – as vogais não são representadas, e o autor do *De Magia* utilizou consoantes para representar algumas vogais. Por exemplo, a letra hebraica vav representava o ‘V’, o ‘O’ e o ‘U’, e Duchowny teve de descobrir qual era a letra certa. “Foi muito difícil, pois eu não podia adivinhar”, diz ela. “Não podia também escrever no português contemporâneo, pois desvirtuaria totalmente a obra.” Por isso, Duchowny utilizou como base o texto ‘Crônica geral de Espanha’, datado de 1344, escrito em português arcaico, para verificar a grafia das palavras do *De Magia*.

Para a linguista, o conteúdo do *De Magia* é interessante para diversas áreas: astrologia, sociologia, antropologia, história, e até para curiosos de maneira geral. Mas o real objetivo da edição do texto foi transformá-lo em objeto de pesquisa para outros linguistas. “Fiz uma edição paleográfica, ou seja, uma interpretação do original preservando suas características e com poucas interferências”, relata. A transcrição do “segundo punho” do *De Magia*, Duchowny deixará para um colega de profissão. Ou, quem sabe, ela mesma – cuja tese recebeu o Grande Prêmio UFMG de Teses na área de humanas – o fará mais tarde.

**Isabela Fraga**  
Ciência Hoje/RJ

Ao contrário do que se pensava, a biodiversidade em regiões de cultura agrícola é muito rica. A revelação tem como base uma série de levantamentos realizados por pesquisadores e especialistas da Embrapa Monitoramento por Satélite na região da bacia do rio Pardo, no nordeste do estado de São Paulo. Foram registradas e identificadas mais de 200 espécies de animais silvestres em áreas que abrangiam estritamente locais de lavoura, como canaviais, cafezais e plantações de eucaliptos para reflorestamento. O conjunto inclui anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Entre esses, até animais sob ameaça ou risco de extinção, como o lobo-guará e o tamanduá-bandeira.

O coordenador do estudo, José Roberto Miranda, explica que as lavouras servem às três necessidades básicas dos animais: alimentação, reprodução e abrigo. Ele cita o exemplo de aves que fazem ninhos entre as folhas da cana-de-açúcar. Os filhotes nascem em segurança antes da colheita, que acontece no inverno. Os sistemas agrícolas têm ainda a função de ‘corredores de fauna’, ou seja, servem como locais seguros para o seu deslocamento. As lavouras, por sua vez, também se beneficiam do aumento da biodiversidade, seja pelo controle natural de pragas e doenças,

seja pela adubação natural das terras.

O estudo confirma que os animais estão se adaptando às áreas de cultivo e aprendendo a usufruir dos agroecossistemas. Miranda ressalta que, embora não excluam a biodiversidade, as lavouras não substituem as florestas silvestres. O intuito da pesquisa é exatamente compreender as relações entre produção e preservação. “A importância desse estudo é mostrar que a agricultura pode participar de políticas públicas de preservação da biodiversidade e do estado selvagem.”

O projeto começou em conjunto com a Faculdade de Economia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), voltado a inventariar dados econômicos do agronegócio. A partir daí, surgiu a ideia de fazer um levantamento da população de animais silvestres nos sistemas agrícolas. O estudo teve duração de um ano, abrangendo culturas de ciclos curtos (de três a quatro meses), como a do milho, do arroz, da soja e do algodão, e culturas perenes (anuais), como a fruticultura e a cana-de-açúcar. O mapeamento das espécies e dos povoamentos animais foi documentado com base em imagens de satélite, geoprocessamento (coleta e tratamento de informações espaciais) e trabalhos de campo.

**Cachorros-do-mato foram encontrados em áreas de lavoura no nordeste do estado de São Paulo**

EMBRAPA



# Mar adentro

**A**ção humana, e não um fenômeno natural, é a responsável pelo processo de erosão marinha que está afetando as construções nos 47 km de litoral da área metropolitana de Recife (PE). Essa é a conclusão do projeto Monitoramento Ambiental Integrado (MAI), conduzido pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) com o apoio das prefeituras locais e do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), por meio da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Segundo os pesquisadores, nos últimos 24 anos, a zona de interesse, faixa onde se encontram as edificações e estruturas rígidas mais próximas ao oceano, avançou sobre a linha da costa (limite entre a maré alta e baixa), reduzindo a distância entre elas em até

quatro vezes e expondo as construções à erosão. Simulações realizadas pelos cientistas mostraram que, se houvesse um recuo de 10 m, o grau de vulnerabilidade das áreas mais afetadas cairia de 70% para 40%.

O MAI nasceu da necessidade de os municípios afetados – Jaboatão dos Guararapes, Olinda, Paulista e Recife – se unirem para enfrentar o problema. A ideia original surgiu em 2004 e contou com o apoio do MCT. Em 2005, a UFPE se juntou à iniciativa e formulou o projeto de pesquisa, cujo trabalho de campo foi realizado entre 2006 e 2008. “Antes de estudarmos o problema, tivemos que reunir e integrar várias informações, pois os dados existentes eram pontuais e não havia um estudo que

abrangesse toda a área”, conta a coordenadora do MAI, a geóloga Tereza Araújo, do Departamento de Oceanografia da UFPE.

Para tanto, os pesquisadores analisaram uma área que abrangia todo o ambiente praiano, incluindo a zona onde se encontram as primeiras edificações, bem como o terreno oceânico até uma profundidade de 18 m. Na parte submersa, foram estudados detalhadamente a morfologia de fundo, a cobertura de sedimentos e o clima das ondas. “Essa é a primeira vez que se obtêm dados específicos sobre o clima de ondas dos diferentes municípios. Agora sabemos que a altura delas é maior em Recife do que em Olinda e Paulista”, informa Araújo.

## À beira-mar

Os resultados da pesquisa surpreenderam os cientistas, que analisaram a evolução da linha de costa entre 1974 e 2008. Eles esperavam descobrir uma variação – um fenômeno natural – durante esse período que indicasse o avanço do mar sobre a zona de interesse. “Na verdade, a linha de costa não variou na maioria dos casos e chegou até a recuar em algumas áreas. Foram as construções que avançaram, chegando a diminuir a distância em até quatro vezes”, revela a geóloga. Com isso, qualquer evento meteorológico, como uma ressaca, faz com que o mar alcance as edificações e as destrua.

Segundo Araújo, há uma pressão imobiliária intensa na região. Dos 47 km, 49% apresentam construções que entram em contato com a água na maré alta, não deixando espaço para processos costeiros, como movimento das on-



Jaboatão dos Guararapes é um dos municípios da região metropolitana do Recife (PE) afetado pela erosão marinha

FOTO DE DANIELE MALMANN

das e transporte de sedimentos. O problema é mais grave em Olinda, onde só 34% do litoral está livre. “O índice melhora para as outras cidades, mas ainda é baixo, com exceção de Paulista, onde 66% da faixa de areia ainda não foram contidos por alguma estrutura”, observa a geóloga.

Além disso, os pesquisadores mediram a vulnerabilidade da faixa litorânea à erosão marinha e descobriram que ela é muito alta em 70% dos casos. Em 19%, ela é condicional, ou seja, só existe enquanto a obra de proteção for mantida. Só em 2% dos casos ela é baixa; não foi possível fazer a medição em 9% das ocasiões, pois os prédios se encontravam tão próximos do mar que não se podiam coletar sinais de GPS (sistema de posicionamento global, na sigla em inglês) com o aparelho utilizado.

Em simulações feitas pelo grupo, mostrou-se que um recuo de 10 m no limite das construções seria suficiente para reduzir a área de vulnerabilidade muito alta para 40% e aumentar a de baixa vulnerabilidade para 23%. A coordenadora do projeto MAI ressalta, no entanto, que a urbanização em si não é um problema – as complicações ocorrem quando se invade a região dinâmica da praia. “A praia precisa de espaço para se manter ‘viva’, ou seja, para que seus processos naturais ocorram. Se essa questão for levada em conta pelos gestores e se disciplinar a ocupação, a ameaça ao patrimônio acabará”, relata.

Araújo acrescenta que outro problema no litoral da região metropolitana do Recife é a diminuição no suprimento de sedimentos. Estes são normalmente trazidos pelos rios, mas, com 19 barragens construídas, o fluxo foi interrompido, afetando a estrutura da praia. Além disso, construções erguidas para impedir a destruição das edificações praianas agravam o problema, pois aprisionam a areia. “É uma verdadeira bomba-

relógio. Isso pode acelerar a erosão e levar à ‘morte’ da praia”, alerta a geóloga.

### Gerenciar a costa

Araújo afirma que alterar esse quadro requer mudar a percepção do problema. “As iniciativas de gestão da erosão têm sempre como objetivo proteger o terreno e não a praia”, nota. Para ela, as decisões administrativas devem levar em conta a área costeira e reconhecer a areia como um recurso natural. “Enquanto não houver uma mudança de abordagem, a situação permanecerá como agora, quando temos 20 km de estruturas de proteção e ainda assim o processo de erosão continua”, observa. Uma reclamação dos gestores é que realizar as alterações sugeridas é muito caro, mas a geóloga lembra que tudo tem um custo financeiro, até o fato de não fazer coisa alguma.

As outras recomendações dos pesquisadores envolvem, além de disciplinar a ocupação, a observação dos critérios técnicos na execução de obras costeiras, como em uma construção que foi projetada com distância mínima de 700 m da costa, mas acabou sendo construída a apenas 200 m, exemplifica a geóloga. Ela argumenta que os gestores públicos devem se esforçar para aumentar a resiliência (capacidade de recuperação) costeira, melhorando a gestão de sedimentos e dando espaço para a dinâmica da região.

Os pesquisadores agora estão trabalhando para repassar as informações obtidas e concentrar os dados em um livro. De acordo com Araújo, já há interesse de se expandir o trabalho para todo o estado de Pernambuco, que tem a maior taxa demográfica de ocupação costeira do país, com 913 habitantes por km<sup>2</sup>, segundo dados de 2005.

**Fred Furtado**  
*Ciência Hoje/RJ*

### QUÍMICA

## NOVO COMPOSTO CONTRA O CÂNCER

O câncer ganhou um novo inimigo: um composto químico capaz de reduzir e até eliminar diversos tipos de tumores malignos, como pulmonares, sanguíneos, ósseos e mamários. Com sua eficácia comprovada em animais, o composto – chamado pelos pesquisadores de PF12 – já está sendo considerado uma esperança para um tratamento menos tóxico e traumático da doença.

Fruto de quase 12 anos de pesquisas realizadas pelo químico Antonio Carlos Fávero Caires, da Universidade de Mogi das Cruzes (SP), os resultados positivos do PF12 contra o crescimento desenfreado das células do organismo foram apresentados em seminário, no fim do ano passado, no Instituto Nacional de Câncer (Inca), que, desde 2008, apoia o estudo, juntamente com a Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), a Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Botucatu, a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ) e a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz).

Caires conta que o PF12 foi desenhado para inibir a ação da enzima catepsina B, responsável pelo crescimento e pela metástase dos tumores. “Além disso, o composto consegue romper os lisossomos das células tumorais, liberando enzimas capazes de induzir a morte celular – processo denominado apoptose”, explica. Desse modo, não só impede que o câncer avance, mas também elimina as células cancerosas. Exames realizados em ratos e camundongos com vários tipos de câncer confirmaram os bons resultados, mas o pesquisador alerta que a eficiência da droga pode variar em função do tipo de célula afetada pelo tumor.

Segundo ele, o novo composto é menos tóxico que outras substâncias anticancerígenas usadas atualmente, como a cisplatina. No Inca e na Fiocruz, os pesquisadores constataram que o novo composto não afetou órgãos como os rins e o fígado dos animais. Eles pretendem agora avaliar como o organismo humano irá responder à droga e determinar quais as doses seguras para o início de testes em pacientes.

Mesmo com o alto custo da produção do PF12, a tendência é que a pesquisa brasileira reduza os preços dos medicamentos destinados ao tratamento de tumores. “No futuro, o emprego do PF12 na quimioterapia vai dar nova esperança a pacientes com câncer”, afirma Caires.

# Redefinindo a Amazônia

**A** Amazônia é uma grande e monótona extensão homogênea de floresta, certo? Errado. E não se trata apenas das já conhecidas diferenças entre os ambientes secos, da terra firme, e os inundáveis, da várzea. Uma nova ferramenta computacional mostra que mesmo a terra firme pode ser subdividida e classificada em vários ambientes distintos, de acordo com o relevo e com a disponibilidade de água. O conhecimento do terreno gerado pela aplicação do método é valioso para uma série de fins, do mapeamento da biodiversidade à construção de estradas, passando pela proteção da floresta.

“Desde o descobrimento, fala-se na dificuldade de andar na

Amazônia, que parece ter relevo plano, mas na realidade não tem”, diz Antonio Donato Nobre, biogeoquímico do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) que coordenou o desenvolvimento e a aplicação do novo método. “Essas diferenças contrastantes no relevo estavam embaixo do nosso nariz, mas até hoje não tinham sido consideradas nos variados estudos”, completa.

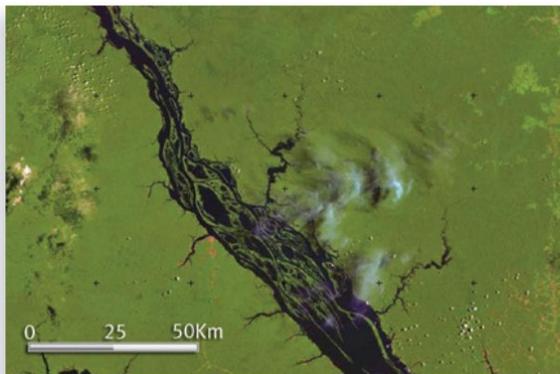
A partir de agora, porém, será fácil conhecer, de antemão, o terreno da floresta, mesmo sob a densa cobertura das copas das árvores. O modelo computacional desenvolvido pela equipe liderada por Nobre usa o princípio dos vasos comunicantes para traçar

novos mapas do terreno. Esse princípio diz que um líquido em vasos que se comunicam atingirá a mesma altura em cada um dos vasos. Sua aplicação a um modelo computacional de análise da topografia digital do terreno – obtida por radar pelo ônibus espacial norte-americano –, e sua relação com a hidrologia na paisagem da Amazônia gerou um mapa de relevo que mostra o desnível relativo entre os pontos da paisagem analisados e o igarapé para onde a água do local tende a escorrer.

“Geramos um mapa que tem, como referência para traçar o relevo, não a relação com o nível do mar, mas com o desnível em relação ao igarapé mais próximo”, explica o pesquisador. Segundo ele, é esse desnível que define o quanto a água do lençol freático está próxima da superfície de cada ponto, sendo esse o fator mais importante na determinação da feição do terreno. “E a disponibilidade de água define que árvores se desenvolverão no local. Isso, por sua vez, determina que animais habitarão o ambiente, entre outras coisas”, afirma.

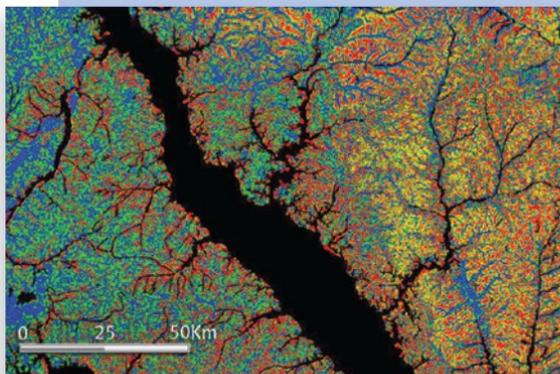
## Nem tão firme assim

A aplicação do método na análise de uma grande área nos arredores de Manaus mostrou que a chamada terra firme, ecossistema não inundável predominante em 83% da Amazônia, pode ser dividida em quatro ambientes: i) terra firme clássica, em terrenos planos com lençol freático profundo; ii) terra firme em terrenos inclinados com lençol freático profundo; iii) campinarana, ambiente no qual o lençol freático é raso; iv) e chavascal ou pântano, ambiente no qual



Vista de uma área de 18 km<sup>2</sup> nas proximidades de Manaus. A primeira imagem, feita pelo satélite Landsat, mostra apenas a cobertura florestal. Já a segunda,

usando o novo método, distingue os ambientes amazônicos: i) chavascal, em azul; ii) campinarana, em verde; iii) terreno plano, em vermelho; e iv) terreno inclinado, em amarelo



o lençol freático encontra-se na superfície. “Os resultados mostram que 58% da área analisada podem ser classificadas como áreas baixas de campinarana ou chavascais. Ou seja, a terra firme, que sempre foi vista como um ambiente de solos bem drenados, não é tão firme assim.”

Combinado com visitas ao campo, o modelo também permite determinar faixas dentro das quais as variações no lençol freático são percebidas. Assim, foi verificado, em áreas da Amazônia central, que pontos com até 3 m de desnível para o igarapé mais próximo eram áreas de chavascal e pontos entre 3 m e 15 m de desnível eram áreas de campinarana. Acima desse valor ficam os terrenos bem drenados. As imagens de radar usadas na análise têm alta resolução – cada pixel corresponde a 90 m x 90 m e tem precisão vertical de 1 m – e os resultados foram validados por extensivas visitas a campo. “Agora queremos aplicar o método nas calhas norte e sul do rio Amazonas, e mesmo em outras áreas do país, para ver se as relações se mantêm em geomorfologias distintas”, conta o pesquisador.

Análises de biodiversidade mais detalhadas, melhor compreensão do ciclo do carbono, planejamento mais eficiente para a abertura de estradas e para a construção de casas são algumas das possibilidades abertas pela aplicação do novo método. “Até a lei florestal pode ser afetada, já que, até hoje, a determinação da distância da mata ao redor de corpos d’água que deve ser preservada nas chamadas Áreas de Preservação Permanente era calculada sem considerar a condição da água no solo”, finaliza Nobre.

**Mariana Ferraz**  
Ciência Hoje/RJ

## ZOOTECNIA

### A VOZ DOS ANIMAIS

Os sons produzidos pelos animais podem parecer sempre iguais aos ouvidos da maioria das pessoas, mas criadores experientes conseguem identificar se um piado ou um grunhido expressa algum tipo de desconforto. Agora, uma equipe da Faculdade de Engenharia Agrícola (Feagri) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) desenvolveu um programa de computador capaz de identificar os sons produzidos por animais, como aves, suínos e bovinos, e interpretar se exprimem fome, frio ou estresse. O mecanismo visa contribuir para melhorar o bem-estar desses animais em cativeiro.

O sistema é composto por um microfone ligado a um computador. Um programa compara os sons captados com uma base de dados e identifica as condições de conforto dos animais e seu nível de estresse. A pesquisa foi desenvolvida pelas engenheiras Irenilza de Alencar Naas e Daniella Jorge de Moura, da Feagri, e pelo mestrando Wagner Tomé Silva. De acordo com Moura, o sistema é uma forma mais segura e precisa para analisar a vocalização animal.

“O Brasil é um dos maiores exportadores mundiais de carne, e os países compradores cada vez mais questionam a forma como ela é produzida no país. Os importadores exigem certificados de

bem-estar animal durante o sistema de produção”, explica Moura. “Não basta conseguir uma boa produtividade, é preciso também garantir que os animais não tenham passado sede, fome, calor, frio, dor ou medo. O equipamento também poderá ser utilizado em linhas de abate para avaliar o sofrimento dos animais.”

Segundo a engenheira, uma das vantagens é que o método não é invasivo, pois não requer contato com os animais. A aproximação de pessoas pode fazer com que o animal se assuste, fique nervoso ou irritado, o que pode dificultar a avaliação de seu bem-estar.

Os testes realizados com o programa confirmaram algumas características dos sons de animais que já haviam sido percebidas por alguns produtores. Os pintinhos costumam piar mais quando estão com frio, possivelmente chamando pela mãe, o que pode indicar que o aquecimento do galpão não estaria adequado. Os pesquisadores identificaram também o chamado das porcas aos leitões, para que venham mamar.

“Em nossas pesquisas descobrimos ainda que as vacas leiteiras produzem sons diferentes quando estão no cio. Esse sistema poderá ser utilizado pelos criadores para identificar o período fértil dos animais com mais precisão”, afirma Moura.



# Movidos a lixo

**P**rodução de biocombustível a partir de substâncias que a princípio seriam descartadas e poluiriam rios, mares e a atmosfera. Esse é o objetivo de três projetos do Instituto Virtual de Mudanças Globais (IVIG), do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Feitos em conjunto com a empresa Eco 100 Desenvolvimento Sustentável Ltda. e apoiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj), os projetos consistem na produção de biodiesel a partir de fontes alternativas. “A produção de biodiesel a partir dessas fontes não demanda água nem terra para cultivo, além de utilizar elementos que a princípio seriam descartados e causariam poluição”, defende Luciano Basto, integrante do IVIG e sócio da empresa. “As emissões evitadas de gases poluentes são ainda maiores que no caso das fontes tradicionais, como a soja e o dendê.”

O primeiro projeto, implantado na cidade de Campos dos Goytacazes, no norte fluminense, já está em prática desde 2007 e é baseado na produção do biodiesel a partir do óleo de cozinha utilizado em residências e estabelecimentos comerciais. Financiado por um edital de Inovação Tecnológica no Estado do Rio de Janeiro, o projeto utiliza os equipamentos da Universidade Estadual do Norte Fluminense (Uenf), que a Coppe ajudou a construir. O projeto tem apoio da prefeitura de Campos, tanto no estímulo à população para doar o óleo residual quanto na coleta do produto nas residências. Como retorno aos moradores pela doação do óleo, a prefeitura tem oferecido cursos profissionalizantes e está analisando como utilizar o combustível produzido ali na frota própria. “Assim, as pessoas verão que o projeto tem realmente um fim prático”, explica Basto.

Segundo o pesquisador, o sistema tem mostrado viabilidade técnica e econômica, embora ain-

da haja pouca adesão por parte da população. “A estimativa de produção de óleo de fritura residual da cidade é de aproximadamente 40 mil litros por mês, e a coleta é de apenas 600”, afirma. “Mas há um horizonte: queremos tornar esse empreendimento interessante para que empresas particulares o assumam quando acabar a fase de desenvolvimento.” Para Basto, a proposta é viável em qualquer cidade média ou grande e, se tiver sucesso em Campos, pode ser ampliada para outros municípios.

O segundo projeto, que está sendo desenvolvido na cidade do Rio de Janeiro e está ainda em fase de viabilidade técnica, consiste na utilização de esgoto para produção de biodiesel e pretende instalar este ano uma usina-piloto na estação de tratamento de esgotos Alegria, e deve funcionar por seis meses.

O terceiro projeto trata do material disponível na caixa de gordura (recipiente onde fica depositada a gordura utilizada nas cozinhas) e deve ser implantado em Campos no decorrer de 2009.

Para Basto, essas propostas também são promissoras e, se derem certo, poderão ser ampliadas para outras estações de tratamento e para outras cidades. A produção do biodiesel a partir da gordura do esgoto é, inclusive, o primeiro projeto desse tipo no mundo. “Esses estudos mostram que economia de custos e desenvolvimento sustentável podem caminhar juntos e ainda trazer benefícios para a população”, finaliza.



**Isabela Fraga**  
Ciência Hoje/RJ

## PLANTA MEDICINAL CONTRA A DENGUE

A espécie *Uncaria tomentosa*, a popular unha-de-gato, pode ser o ponto inicial para o desenvolvimento de um medicamento específico contra a dengue, segundo resultados obtidos pelo Instituto Oswaldo Cruz (IOC). A biomédica Claire Kubelka e a bióloga Sônia Reis, do Laboratório de Imunologia Viral do IOC, estudam a unha-de-gato, entre outras plantas com características imunossupressoras e antivirais, visando desenvolver um medicamento que impeça o agravamento dos casos de dengue. Hoje, o tratamento da doença consiste em apenas amenizar os sintomas clínicos da infecção.

Os resultados dos testes *in vitro* de alguns princípios ativos da planta são bastante animadores, mas as pesquisadoras ressaltam que muitos outros ainda devem ser feitos antes de as substâncias chegarem à população como medicamentos. Os resultados preliminares foram publicados no periódico *International Immunopharmacology*, em 2008.

A pesquisa surgiu no Instituto de Tecnologia em Fármacos (Far-Manguinhos), na Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), e inicialmente se concentrou na parte química de substâncias extraídas de plantas medicinais usadas popularmente e encontradas em abundância no território nacional, constituindo matéria-prima de baixo custo. Contou com a

colaboração da Universidade Federal do Rio de Janeiro onde as amostras foram preparadas pela química Ligia Valente. Já no IOC elas foram adicionadas a culturas de monócitos humanos (células de defesa do organismo), infectados no laboratório com o vírus da dengue, e analisaram-se as citocinas, proteínas associadas às respostas inflamatórias do corpo humano. “Esse método, inédito no Brasil, consegue representar, *in vitro*, a grande variabilidade das respostas imunológicas observadas durante as epidemias de dengue”, esclarece Kubelka. Uma fração rica em alcaloides – um dos princípios ativos da unha-de-gato – revelou-se capaz de diminuir a produção de citocinas, um dos fatores envolvidos no agravamento da febre da dengue. Também foi registrada redução da carga viral na célula infectada pelo vírus.

As pesquisadoras advertem que ainda há um longo caminho a percorrer para o desenvolvimento de um medicamento que combata o vírus da dengue. Kubelka está confiante: “Contamos com a tradição e a capacidade do Far-Manguinhos no desenvolvimento de fármacos para que no futuro consigamos uma droga que combata a dengue”. Até chegar a um ensaio clínico, a prioridade é dar continuidade à parte *in vitro* do projeto e realizar uma



A unha-de-gato (*Uncaria tomentosa*) é uma possível arma contra a dengue

purificação melhor das moléculas originadas dessa planta e de outras com ação anti-inflamatória, para saber, por exemplo, qual é a molécula responsável pelo princípio ativo ou se é uma ação conjunta de várias moléculas. Outros biomarcadores da doença, também alvos candidatos para as drogas, são prioridades das pesquisadoras, como as vias biológicas percorridas pelo vírus, que devem ser inibidas em uma terapia eficiente.

**ROTA DE COLISÃO** • O mundo acaba de ganhar mais uma proteção contra os asteroides em rota de colisão com a Terra. Três observatórios astronômicos estão sendo construídos em Itacuruba (PE), com o objetivo de sediar pesquisas de monitoramento das ‘ameaças’ vindas do céu. A cidade foi escolhida por ter baixos índices de chuva e população pequena – logo, pouca poluição luminosa –, características que garantem a boa visibilidade do céu noturno. Os observatórios serão os primeiros a serem usados com este fim na América Latina. Às margens do rio São Francisco e com rica fauna e flora, o local também deve se tornar um polo de turismo científico.



# Pesca-fantasma nos mares

**R**edes de pesca, anzóis e armadilhas podem ser mais que instrumentos de trabalho de pescadores. Quando perdidos ou simplesmente abandonados, esses e outros petrechos, como flutuadores, cabos e cordas, tornam-se verdadeiros pescadores-fantasmas, responsáveis pela morte de animais e até por acidentes

Vários tipos de materiais de barcos de pesca que ficam na água podem prender animais marinhos ou ser ingeridos por estes, causando ferimentos e mortes acidentais. Entre esses materiais estão cabos, cordas e pedaços de rede enroscados em galhos que se desprenderam do mangue (A); recipientes de combustível (a incrustação por cracas indica que esteve à deriva no mar por semanas) (B); flutuadores de isopor rompidos, que se desprenderam de cabos de rede (C); cabos de redes abandonados ou perdidos (entre a última utilização na pesca e o registro na praia, o material ficou 'pescando' no mar) (D); anzóis (os da imagem foram encontrados no estômago de um robalo) (E); e pedaços soltos de rede (as cascas de siri presas nos fragmentos indicam que esses animais, presos acidentalmente, serviram de isca para outros, gerando uma sucessão de capturas) (F)

com pessoas. Esse tipo de pesca reduz os recursos disponíveis para a atividade pesqueira regular, com repercussão negativa na economia.

Os prejuízos são contabilizados desde a década de 1980, quando alguns países, principalmente do hemisfério Norte, iniciaram pesquisas na área. Os resultados foram alarmantes: segundo dados de 2005 da organização britânica Joint Nature Conservation Committee, em dois anos a pesca de caranguejos na baía de Bristol, no Reino Unido, foi responsável pelo abandono de cerca de 31,6 mil armadilhas. Em águas canadenses, o lixo de pesca leva ao desperdício cerca de 3,6 mil toneladas de peixe (algo em torno de US\$ 3 milhões) por ano. No mesmo período, o golfo do México perde US\$ 250 milhões em lagostas pelos mesmos motivos.

Mas no Brasil ainda não há da-

dos que dimensionem as consequências da pesca-fantasma. O trabalho está apenas começando. A partir da leitura de artigos internacionais e da observação do litoral paranaense e de Santa Catarina, o oceanógrafo Paulo de Tarso Chaves, do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), atentou para a necessidade de se fazer uma avaliação nacional do problema. "Desconhecíamos estudos sobre o tema por aqui", afirma o pesquisador.

As primeiras investigações revelam que o problema está possivelmente relacionado com uma atitude displicente dos profissionais de pesca. Ainda que parte do extraviado equipamento seja acidental – devido a más condições climáticas, por exemplo –, é a negligência de muitos pescadores que frequentemente desencadeia o processo.



“Muitas vezes, no entanto, o abandono é intencional”, garante Chaves (ver ‘Lixo fatal’).

Segundo o oceanógrafo, esse comportamento se deve em parte ao desconhecimento das consequências econômicas da pesca-fantasma. Quanto menos animais capturados acidentalmente e mortos por equipamentos abandonados, maior será o estoque disponível para a atividade pesqueira. “Quando essa informação se traduzir em cifras, será mais fácil promover mudanças”, acredita.

Na próxima etapa da pesquisa, Chaves pretende estudar as particularidades do problema no Brasil. Por exemplo, avaliar o tempo que certos equipamentos levam para se desintegrar no ambiente marinho e saber até que ponto a turbidez de nossas águas é responsável pelo enrosco de animais em instrumentos de pesca.

## Outras perdas

A pesca-fantasma não causa apenas prejuízo econômico. Além de desperdiçar recursos pesqueiros, os equipamentos à deriva atingem também aves, tartarugas e mamíferos como o lobo-marinho, com sérias perdas ambientais. Seres humanos também podem ser vítimas. De acordo com um levantamento de Chaves, em média dois surfistas morrem por ano no Rio Grande do Sul presos em redes de pesca. Sem falar nos banhistas que ficam presos em cabos de rede.

Galhos e troncos que se desprendem de arbustos e árvores do mangue e vão parar no mar, ficando à deriva, também alimentam a pesca-fantasma. Por outro lado, porém, esse evento natural acaba por amenizar o problema. No litoral do Paraná e de Santa Catarina, rico em manguezais, esses galhos e troncos tornam-se verdadeiros garis marinhos. O material à deriva neles se enrosca e vai parar na praia, saindo de circulação. Na opinião de Chaves, isso é particularmente importante porque os equipamentos de pesca se tornaram

## LIXO FATAL

Veja abaixo algumas situações responsáveis pela pesca-fantasma no Brasil.

▶▶ A pesca profissional envolve principalmente redes de malha fixas que ficam submersas de três a seis dias. Tal permanência as expõe aos reveses meteorológicos comuns no Sul do país, motivo para extravio de redes inteiras.

▶▶ À noite, grandes embarcações de arrasto de peixes ou camarões, estranhas às comunidades locais, aproximam-se das praias. Os pescadores atribuem a esses arrastos noturnos, que não visualizam as bóias de sinalização das redes fixas, outro motivo para a perda de seus equipamentos.

▶▶ Redes móveis, como as de arrasto de camarão, prendem-se frequentemente a

troncos e galhos de manguezais trazidos pelas correntes desde a orla continental. Eles podem romper a rede ainda no fundo ou, quando nela se enrolam, levando o pescador a cortar um pedaço da trama e a lançá-lo na água.

▶▶ A pesca esportiva é muito praticada em nossas praias e estuários. No trato digestório de robalos costumam ser encontrados anzóis, possivelmente abandonados com isca e um pedaço de linha quando esta se prende à vegetação proveniente do manguezal.

▶▶ No interior dos estuários, redes são frequentemente armadas em locais proibidos. Outros pescadores, ao encontrá-las, as rasgam com o objetivo de desestimular a pesca predatória. Os panos e cabos não são recolhidos à embarcação, mas atirados na água, para garantir o anonimato.

mais duráveis graças ao desenvolvimento tecnológico de novos materiais. “Se viram lixo, ficam ainda mais tempo causando danos ao meio ambiente”, diz.

## Soluções

Uma das medidas recomendadas para pôr fim à pesca-fantasma é a substituição de material sintético por material biodegradável, como fios vegetais e flutuadores de cortiça. Como parte do extravio é inevitável, nesse caso os equipamentos perdidos se desintegrariam na água após algum tempo. “O problema é que o material biodegradável é mais caro e requer manutenção constante”, diz Chaves. Muita gente descarta essa opção temendo a queda dos lucros.

Uma escolha que não compensa, como outros países já comprovaram. No Golfo do México, por exemplo, pescadores adaptaram uma armadilha para reduzir o desperdício de lagostas. Antes usavam um gaiolão, semelhante a um cubo, feito de malha metálica. Na nova versão, uma das faces é de tecido biodegradável. Se a armadilha extraviar e prender algum animal, este consegue se libertar após alguns dias. O tecido exige mais manutenção que a malha metálica, mas não é tão oneroso ou

tecnicamente difícil. “A relação custo-benefício compensa”, avalia o oceanógrafo.

Orientação para os pescadores e fiscalização da prática pesqueira são outras soluções propostas. “Não é fácil implantar essas medidas, mas é preciso começar de alguma forma”, recomenda o pesquisador. “É como educar a população para separar o lixo doméstico: o processo é demorado.” Chaves acredita que um dia as empresas terão de certificar seus produtos com selos do tipo ‘pesca ambientalmente correta’, por opção ou mesmo por força de lei.

Com fiscalização efetiva, seria possível exigir identificação de propriedade em todos os instrumentos de pesca e aplicar multas por irregularidades. Assim, a responsabilidade sobre o equipamento teria um peso maior para os pescadores – tanto para os que simplesmente abandonam material quanto para os que acabam causando acidentes por descuido ou falta de informação. Para o oceanógrafo da UFPR, esse tipo de regulamentação, embora onerosa e politicamente difícil, é um horizonte a se almejar.

**Thaís Schneider**

Especial para *Ciência Hoje*/PR

# Pesquisa de peso

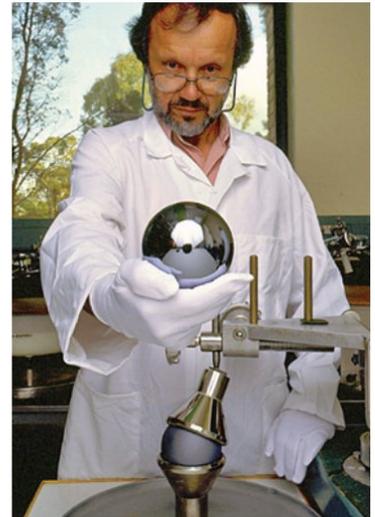
O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) é geralmente associado com a metrologia legal (proteção do consumidor, aferição de balanças etc.), mas as atividades do instituto são mais amplas que isso. Desde sua criação, nos anos 80, o Inmetro tem uma área de metrologia científica, mas esta só ganhou impulso recentemente. Agora, a instituição investe pesadamente nessa área, realizando pesquisa básica em campos que atendem à demanda industrial e as diretrizes do governo, seja em biocombustíveis, em metrologia forense ou na determinação de novos padrões fundamentais.

Implementado para suceder ao Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM), o Inmetro foi idealizado originalmente em 1973. “Ele foi concebido durante o surto desenvolvimentista que preparava o Brasil para ser uma grande potência e era visto como parte da infraestrutura do país”, conta o físico João Alziro Herz da Jornada, presidente do Inmetro. Ele acres-

centa que o instituto tinha como uma das principais funções prover uma estrutura de medições confiáveis que sustentasse a modernização industrial do país.

Segundo Jornada, o movimento de criação do instituto se originou na esfera governamental, em contraste com o ocorrido nos países desenvolvidos, onde instituições semelhantes surgiram pelo estímulo de empresas inovadoras com demanda de conteúdo de ciência e tecnologia. “O primeiro instituto de metrologia do mundo, o Instituto de Física e Técnica do Reich (PTR, na sigla em alemão, atualmente PTB), foi criado na Alemanha em 1878, sob inspiração do empresário alemão Ernst Werner von Siemens (1816-1892). Ele queria expandir sua empresa e percebeu que o diferencial estava na ciência e que o governo tinha que ser parceiro por meio de uma instituição de metrologia com alto nível científico”, explica. O alto nível de conhecimento científico voltado para a medição, segundo Jornada, levaria a uma melhoria do processo e à inovação, com a criação de um novo mercado.

“O PTB teve como seu primeiro coordenador um dos cientistas mais brilhantes da época, Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894), e representava com perfeição a estrutura da boa ciência com demanda industrial”, descreve o físico. O sucesso da instituição alemã levou à criação de institutos similares em outros países, como o Reino Unido, em 1890, e os Estados Unidos, em 1901, os quais seguiram o modelo do PTB. Para Jornada, um exemplo da importância da metrologia é o



COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION OF AUSTRALIA

sistema de posicionamento global (GPS, na sigla em inglês). “Ele só é possível graças à precisão na medição do tempo, que viabilizou os 28 satélites com relógios atômicos sincronizados usados por esses dispositivos”, afirma.

## Resgatando o paradigma

O Inmetro se preparou para ser competente em medições científicas e industriais desde sua criação, mas hoje seu escopo é mais amplo, atuando com um conjunto de conhecimentos que envolvem metrologia, avaliação da conformidade (incluindo a organização de programas de certificação) e acreditação de laboratórios e de organismos de certificação. Na metrologia, abrange áreas como grandezas elétricas, temperatura, química e materiais, entre outras. “O instituto tem uma característica científica forte. Ele precisa estar na fronteira da ciência e ajudar a expandi-la, pois isso viabiliza a interação do setor industrial em escala global e se torna um instrumento de competitividade”, esclarece Jornada.

Apesar disso, essa área do Inmetro teve menos prioridade até os anos 90, quando a economia brasileira era fechada. Com a aber-

O Inmetro participa do Projeto Avogrado, cuja proposta para substituição do padrão de quilograma (abaixo) é a criação de uma esfera de silício (à direita), que permitiria relacionar o quilograma a um número específico de átomos do elemento

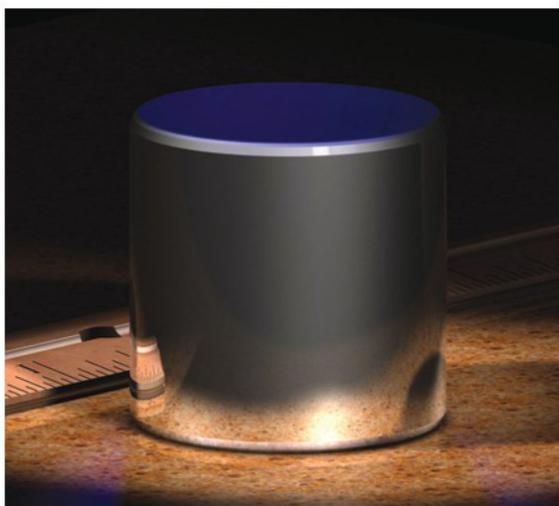


FOTO REPRODUÇÃO COMPUTADORIZADA/GREG L

tura dos mercados nacionais, o lado científico e tecnológico da instituição se tornou mais importante e, a partir de 2000, houve um resgate do modelo PTB. O quadro de doutores aumentou de 5 para mais de 100 e uma nova diretoria, para tratar de tecnologia e inovação, foi criada. “Fazemos ciência básica não apenas para expandir o conhecimento. Não é pesquisa por pesquisa, ela viabiliza a tomada de decisões e o estabelecimento de parcerias com outras instituições, sempre atendendo a requisitos do Estado, bem como o reconhecimento e a respeitabilidade da instituição”, observa o físico.

Ele diz ainda que esses relacionamentos são fundamentais nos dias de hoje, quando o mundo está interligado, pois é uma maneira de identificar caminhos futuros de desenvolvimento. “Só há cooperação técnica e troca institucional se a entidade for respeitada. Esse também é um motivo importante para mantermos o alto nível de competência científica”, completa.

### Novo quilograma

Há várias linhas de pesquisa sendo conduzidas no Inmetro que envolvem temas novos e tão diversos quanto nanotecnologia, física do estado sólido e metrologia forense e biológica. Os cientistas da instituição trabalham atualmente com a padronização de bactérias e enzimas para a produção de etanol, mapeamento de DNA por microscopia de força atômica, e medição espectroscópica de massa aplicada a biocombustíveis, entre outros enfoques.

Uma das linhas de pesquisa em destaque atualmente é o novo padrão do quilograma. A referência atual para a unidade de massa é o Quilograma Protótipo Internacional (IPK, na sigla em inglês), um cilindro feito com uma liga de 90% de platina e 10% de irídio. “A massa é a única grandeza ainda definida por um objeto. O proble-

ma é que após 40 anos, o IPK está divergindo em relação às suas cópias, possivelmente pela absorção de mercúrio do ambiente”, relata Jornada.

As alternativas ao IPK procuram relacionar o quilograma a uma propriedade física fundamental que possa ser reproduzida em diferentes laboratórios. A opção na qual o Inmetro colabora, o Projeto Avogrado, procura utilizar o silício, que pode ser produzido com alto grau de pureza química e estrutural. O projeto criaria uma esfera de silício cujo tamanho, massa atômica e espaçamento atômico poderiam ser medidos com grande precisão, sendo possível ajustá-la à massa de um quilograma. Nesse caso, a definição de quilograma estaria relacionada ao número de átomos de silício, sendo que a esfera seria apenas a materialização desse padrão.

Entre os problemas dessa abordagem, segundo Jornada, estão a capacidade de oxidação do silício, que forma monóxido e dióxido de silício, aumentando a massa da esfera, e a abundância isotópica desse elemento, cuja taxa ainda não é conhecida com a exatidão necessária, impedindo um cálculo preciso. “Nossa parte nesse projeto é estudar as propriedades de superfície do silício”, conta o físico.

O futuro do Inmetro, segundo seu presidente, é muito positivo. Para ele, a instituição deve se consolidar na área de temas importantes como biocombustíveis, bem como conectar todos os campos de pesquisa, sempre integrada ao desenvolvimento industrial. “A indústria brasileira, de certa forma, já esgotou sua capacidade de gestão como forma de aumentar sua competitividade, agora precisa agregar ciência e tecnologia para alcançar esse objetivo. Por isso é importante investir”, conclui Jornada.

**Fred Furtado**  
*Ciência Hoje/RJ*

## EDUCAÇÃO

### EXPOSIÇÃO ENSINA CONSUMIDOR A POUPAR ENERGIA ELÉTRICA

O que o leitor considera mais sensato: comprar um aparelho dando prioridade ao preço ou levar em conta sua capacidade de gastar menos energia? Para resolver esse dilema, o Museu de Ciência e Tecnologia (MCT) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) inaugurou recentemente uma exposição bastante singular.

Dentro do museu, o visitante se surpreende: a exposição é uma casa, com cômodos, móveis, janelas e, principalmente, eletrodomésticos. Aliás, o foco da mostra está nesses equipamentos. Ao contrário de uma casa comum, esta tem dois exemplares de cada aparelho (duas geladeiras, dois microondas, duas tevês...), sendo que um difere do outro pela quantidade de energia que consome. Em cada par, um foi classificado pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), da Eletrobrás, como altamente eficiente; o outro foi considerado pouco eficiente. Todos os aparelhos estão ligados a um medidor de potência, para que o visitante possa comprovar a diferença no desempenho.

O principal objetivo da exposição é conscientizar as pessoas para a importância de se economizar energia elétrica. De acordo com o coordenador de exposições do museu da PUCRS, Luiz Marcos Scolari, produtos que consomem menos energia em geral custam mais caro. “Mas o investimento vale a pena”, diz ele. “Em poucos meses, o consumidor constata que fez um bom negócio.”

A exposição é resultado de uma parceria entre a PUCRS e a Eletrobrás, que criou o sistema Procel de classificação de aparelhos elétricos. “O projeto será avaliado periodicamente pela Eletrobrás, e a exposição deverá ser permanente”, ressalta Scolari. Parcerias similares podem surgir em outras universidades, com enfoques diferentes, como consumo de água e geração de resíduos domésticos.

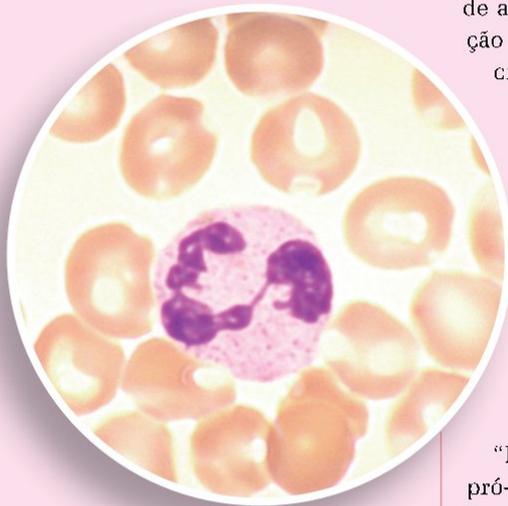
PUCRS/INNOVATION



Esquema da casa em exposição no Museu de Ciência e Tecnologia da PUCRS

# De coadjuvante a protagonista

**E**la não era mais que uma coadjuvante nos processos inflamatórios. Agora, com ajuda da bióloga Maria Augusta Arruda, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), a enzima NADPH oxidase está tendo sua importância reavaliada. Devido ao papel decisivo na geração de radicais livres, essa enzima, quando produzida em níveis elevados, tem relação direta com o surgimento de



inflamações crônicas, doenças vasculares e câncer. Segundo a pesquisadora, o maior conhecimento sobre a NADPH oxidase poderá servir como base para a elaboração de medicamentos reguladores das atividades dessa enzima e, conseqüentemente, das doenças a ela associadas.

Os radicais livres são átomos ou moléculas com um ou mais elétrons desemparelhados. Embora sejam benéficos, atuando em vários processos fisiológicos e fi-

siopatológicos, ao atacarem, por exemplo, organismos invasores (como fungos e bactérias), causam lesão a tecidos quando em quantidade elevada. Assim, a superativação da NADPH oxidase, ao aumentar a quantidade de radicais livres, pode prejudicar as células do organismo e transformar, por exemplo, inflamações agudas em crônicas. “Em quantidades limitadas, no entanto, a enzima colabora para a destruição de agentes patógenos, na regulação do tônus vascular e do crescimento celular”, enfatiza a bióloga, uma das vencedoras do prêmio L’Oréal-Unesco-ABC 2008 para Mulheres na Ciência.

Iniciada em 2003, a pesquisa concentrou-se inicialmente na função da NADPH oxidase em neutrófilos, células sanguíneas que fazem parte do sistema imunológico.

“Descobrimos outro papel pró-inflamatório da enzima, uma vez que impede que os neutrófilos morram por apoptose, como normalmente fazem”, observa Arruda. A apoptose é um tipo de morte celular no qual a célula – no caso, o **neutrófilo** – morre ‘silenciosamente’, sem danos aos tecidos vizinhos. A NADPH oxidase, em atividade elevada, prolonga a vida do neutrófilo (que, normalmente, é muito curta) e faz com que este se destrua em uma espécie de ‘explosão’, que acaba por lesar o organismo do indivíduo. A partir daí, a pesquisadora e sua equipe passaram a observar a alta ativi-

dade de isoformas da enzima em outras células e sua relação com a formação de câncer e de outras doenças, como a arteriosclerose.

Depois do estudo em neutrófilos e macrófagos (células de grandes dimensões do tecido conjuntivo), o objetivo da pesquisa agora é desvendar a atividade da NADPH oxidase em outros tipos de células. “O mesmo nível de atividade da NADPH oxidase pode ter efeitos diferentes de acordo com o tipo de célula, com os estímulos sofridos por ela e com o microambiente onde ela está inserida”, explica Arruda. Com esses diversos fatores, as conseqüências dos níveis da enzima no organismo também são variadas: “Pode ocorrer inflamação, tumor, apoptose; ainda estamos buscando entender melhor esse processo.” Um dos focos da bióloga, atualmente, é a relação dos níveis da enzima com a dengue, doença infecciosa que vem se expandindo em diversas regiões do Brasil.

Arruda destaca que a finalidade da pesquisa é compreender melhor o funcionamento da NADPH oxidase com o objetivo de elaborar compostos que regulem a atividade da enzima. “Minha área de origem é a farmacologia, então espero que seja criada uma droga que controle os níveis dessa enzima para aumentá-la ou diminuí-la quando necessário”, resume.

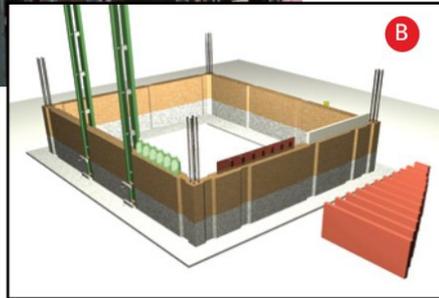
**Isabela Fraga**  
Ciência Hoje/RJ

## AIDS: UMA LINHA PARA NEGATIVO, DUAS PARA POSITIVO

O Brasil agora domina a tecnologia de produção do teste rápido para detecção do HIV. O aparato, semelhante aos exames de gravidez comprados em farmácias, oferece resultados com 99,77% de confiabilidade em 15 minutos e requer apenas uma gota de sangue para isso. Já usado em maternidades em casos em que a mãe não realizou o exame durante o pré-natal e em comunidades isoladas, o teste rápido terá sua distribuição ampliada em 2009. A previsão é de que cerca de 1,5 milhão de unidades sejam distribuídas pelo Ministério da Saúde.

A tecnologia envolvida no teste foi desenvolvida pela empresa norte-americana Chembio e transferida ao Brasil por meio da Fundação Oswaldo Cruz, do Rio de Janeiro. Com a iniciativa, o custo do teste, que ficava em torno de US\$ 5 por unidade, cai para US\$ 2,60. Mas a rapidez do diagnóstico é a maior vantagem. “O resultado do exame convencional, na rede pública, pode demorar até 40 dias e apenas entre 30% a 40% das pessoas que procuram os centros de testagem anônima voltam para buscá-lo. Com o teste rápido, o resultado sai em 15 minutos, o que facilita o diagnóstico precoce, essencial para o tratamento da doença”, afirma Antonio Gomes Pinto Ferreira, tecnologista de Bio-Manguinhos, unidade da Fiocruz responsável por trazer a tecnologia ao país. “Além disso, o teste rápido é útil em situações como acidentes de trabalho em hospitais e acidentes de trânsito, quando os profissionais se expõem ao risco de contato com sangue potencialmente contaminado”, lembra.

O conhecimento gerado pelo processo de transferência ajudará também no desenvolvimento de testes para detecção de outras doenças, como a leishmaniose e a leptospirose, e na elaboração de um teste rápido confirmatório para o HIV (necessário para confirmar um primeiro resultado positivo). Além disso, o Brasil já trabalha em parceria com governos e instituições africanas para que o teste rápido chegue a países como Moçambique, onde 16% da população são portadores do vírus da Aids.



ENGENHARIA CIVIL

### CONSTRUÇÃO SEM TIJOLO

Imagine ajudar o meio ambiente construindo uma casa ou mesmo um edifício sem utilizar tijolos comuns de cerâmica, mas sim com materiais alternativos, como o solo da própria obra, que pode incluir ainda isopor, garrafas

PET e latas de alumínio como recheio. Isso agora é possível graças ao Sistema Integrado Construtivo (SIC), que usa fôrmas metálicas reutilizáveis como molde para a construção, no próprio canteiro, de paredes, vigas e lajes, empregando esses materiais. Desenvolvido pelo engenheiro Geraldo Rolim Rosa Júnior, o SIC ganhou o Prêmio Finep de Inovação Região Centro-Oeste de 2004 na categoria Processos e o de 2008 na categoria inventor inovador.

“Minha preocupação ao criar esse sistema foi ecológica: para se produzirem tijolos cerâmicos, é necessário uma grande quantidade de lenha e, conseqüentemente, derrubam-se muitas árvores”, afirma Rosa Jr. Segundo ele, cada mil tijolos consomem 2 m<sup>3</sup> de lenha. “No Brasil, produzem-se 2 bilhões de tijolos por ano”, completa. De acordo com Rosa Jr., as habitações populares com acabamento padrão feitas com o SIC são 17% mais baratas, e se ele for de melhor qualidade, a economia diminui para 7% ou 8%. “Mas em grande quantidade, como em projetos de conjuntos habitacionais, o custo cai ainda mais devido à economia de escala”, explica. Outra vantagem do SIC é reduzir o entulho gerado nas obras e o consumo de madeira para caixaria e escoramento. Os rejeitos que resultam da construção de quatro casas padronizadas equivalem a mais uma moradia.

Rosa Jr. criou uma empresa, a Ediplan, e já comercializou várias casas em Campo Grande (MS). Atualmente, constrói um conjunto de seis sobrados e se concentra na divulgação do produto. “Embora a ideia do SIC tenha nascido há 10 anos, só avancei com ela nos últimos três”, conta o engenheiro. Ele acrescenta que a tecnologia já está bastante aprimorada e agora trabalhará com sua transferência. “A ideia é que no futuro o SIC esteja incorporado na construção civil como uma prática comum de edificação”, conclui.

**As formas metálicas reutilizáveis do Sistema Integrado Construtivo (SIC) (A) eliminam o tijolo na construção e permitem construir paredes monolíticas com solo local ou do ‘tipo sanduíche’, nas quais são introduzidos como recheio materiais de descarte, como garrafas PET (B)**

## BLOGUES NA SALA DE AULA

A professora de produção textual Cláudia Rodrigues testou em suas salas de aula do ensino médio uma nova ferramenta, já bastante conhecida pelos minimamente íntimos com a internet: os blogues — uma página de internet com endereço próprio que seus usuários atualizam cronologicamente com textos e elementos audiovisuais. Em sua dissertação de mestrado, orientada por Denise Bértoli Braga, no Instituto de Estudos da Linguagem (IEL) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Rodrigues mostrou que a capacidade de discussão e de escrita de seus alunos teve grande melhora quando os debates em sala de aula passaram a se estender para os blogues.

A ideia surgiu da percepção de que, apesar de a escola ser bem equipada de aparelhos tecnológicos, a insuficiência dos professores em lidar com eles fazia com que o potencial de ferramentas como a internet permanecesse pouco explorado. “Os alunos sabiam muito mais sobre recursos da internet que nós, professores”, afirma Rodrigues.

A professora então dividiu suas turmas em grupos e estipulou que cada um deveria criar um blogue onde se discutissem os temas tratados em sala. “Os alunos identificaram-se com aquele ambiente dinâmico e informal em que a discussão não era só com o professor”, explica Rodrigues. Por meio dos *posts* (textos publicados no blogue) e dos comentários, os debates continuavam, não só entre os alunos, mas também com pessoas fora da escola. O fato de o blogue ser público contribuiu para que os

alunos também lessem mais e se informassem melhor antes de discutir um assunto. “O professor deixou de ser o único leitor. Os debates ficaram mais embasados e os textos, mais bem elaborados. A possibilidade de inserir recursos audiovisuais também enriqueceu o material postado”, relata a professora. Mas, para Rodrigues, os resultados mais inesperados e positivos da atividade foram a interdisciplinaridade e a intertextualidade das discussões. Os alunos começaram a confrontar os temas e pedir dicas e opiniões de professores de outras matérias, o que não era, a princípio, o objetivo da atividade.

Segundo a pesquisadora, a escola por vezes tem receio em trabalhar com a internet em decorrência da linguagem típica utilizada no meio virtual, com suas abreviações (“vc” em vez de “você”, por exemplo) que vai de encontro à linguagem formal, característica das instituições de ensino. No entanto, mesmo sem uma orientação específica em relação à linguagem, nenhum dos 20 blogues criados utilizou o “internetês”. “Há diversos gêneros de blogues, entre eles o educacional e o aluno entendeu que era um blogue educacional e, por isso, a norma culta não foi suplantada pela linguagem da internet”, relata.

Os resultados da experiência de Rodrigues mostram que é preciso repensar o papel da internet na vida do estudante. “O blogue deve ser um espaço para o aluno e uma ferramenta para o professor, e a internet pode ser útil para todas as disciplinas”, completa.



**CENTRO PARA HIPERTENSÃO PULMONAR** • O Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, está formando o primeiro centro de referência em diagnóstico e tratamento da hipertensão arterial pulmonar (HAP) no estado do Rio de Janeiro. A doença é rara – ocorrem cerca de 30 a 50 casos por milhão – e caracteriza-se por aumento progressivo na resistência vascular pulmonar e sobrecarga do ventrículo direito. O centro fluminense está sendo organizado pelo serviço de pneumologia do hospital e terá a participação de profissionais de cardiologia e reumatologia. Como não há, no Brasil, informação epidemiológica sobre a HAP, um levantamento vem sendo realizado desde fevereiro do ano passado, reunindo dados de pacientes acompanhados em 19 centros de referência no país.

**BUTANTAN AGORA NA AMAZÔNIA** • O Instituto Butantan, centro de estudos de saúde pública e de pesquisa biomédica, terá novo posto avançado no município de Belterra, no oeste do Pará. A base na Amazônia terá laboratório de pesquisa, núcleo de produção cultural e o primeiro museu de selva do Brasil, e desenvolverá estudos sobre animais peçonhentos da região, toxinas de venenos, biodiversidade, ecologia e comportamento animal. Segundo o diretor do instituto, Otávio Mercadante, com o posto em Belterra, o Butantan fará esforços no sentido de incrementar a difusão cultural e científica em conjunto com as comunidades ribeirinhas, agentes de saúde, professores e alunos dos ensinos fundamental e médio. O novo posto está na fase de elaboração do projeto executivo e custará cerca de R\$ 15 milhões.

**CARAMUJOS EM PERNAMBUCO** • O número de criadouros de caramujos hospedeiros do parasito causador da esquistossomose triplicou em um ano no litoral de Pernambuco. É o que revelou uma expedição científica realizada por pesquisadores e técnicos do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, instituto da Fiocruz em Pernambuco. A equipe percorreu 780 km, visitando nove municípios em 43 localidades. Em 26 delas foram encontrados criadouros de caramujos: em 11 localidades foi identificada a espécie *Biomphalaria straminea* e, em 15, a *B. glabatra*, mais eficientes na transmissão da doença. O objetivo da expedição é compor um mapa dos focos de transmissão da esquistossomose no litoral de Pernambuco e estudar o impacto da doença nas populações locais.

## CIÊNCIA DO ESPORTE

### ESTUDO TRAÇA PERFIL DE GINASTAS

Diz o senso comum que a prática de ginástica olímpica (atualmente denominada ginástica artística) interfere na estatura e na composição corporal de crianças com idade de sete a 12 anos. O professor de educação física João Carlos Oliva, da Faculdade de Educação Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, investigou o tema durante a realização de sua tese de doutorado, apresentada à Universidade do Porto, Portugal, e concluiu que a baixa estatura favorece a opção pela ginástica artística, mas não interfere no desenvolvimento infanto-juvenil. Oliva foi campeão brasileiro e sul-americano de ginástica artística por equipe – terceiro lugar nos Jogos Pan-americanos de Indianápolis, Estados Unidos, em 1987 – e treinou a seleção brasileira dessa modalidade esportiva de 1988 a 1994.

Durante quatro anos, Oliva – que tem 1,69 m – comparou crianças que praticavam ginástica artística com outras da mesma faixa etária que não se dedicavam a essa atividade. No total, analisou 240 crianças. “Para o estudo, procuramos crianças com o mesmo perfil socioeconômico e com índices de massa corporal semelhantes”, explica Oliva. Segundo ele, os baixinhos se socializam melhor na ginástica, assim como os grandalhões fazem isso no vôlei ou basquete. “A baixa estatura facilita o bom desempenho na ginástica, embora não seja garantia de sucesso na modalidade”, adverte. Possíveis pequenos problemas de crescimento entre praticantes de ginástica artística podem estar relacionados com dieta inadequada, para que mantenham peso reduzido em épocas de treinamento e apresentem alto rendimento esportivo.

Além de produzir músculos desenvolvidos e bem trabalhados, essa modalidade esportiva de alto impacto acelera a massificação óssea. “Isso reduz o risco de lesões e de osteoporose, graças ao aumento da massa mineral óssea”, afirma. Oliva destaca que a ingestão adequada de nutrientes melhora a qualidade dos ossos. Em geral, diz ele, a alimentação de crianças centra-se em macronutrientes, como proteínas, enquanto elas necessitam mais de ferro, cálcio e vitaminas do complexo B. “O desconhecimento de uma dieta adequada pode levar alguns pais a produzir déficit alimentar nos filhos”, ressalva. Com seu trabalho, Oliva procura conscientizar técnicos e pais sobre a importância da alimentação e a necessidade de repouso na preparação de atletas. O pesquisador pretende dar prosseguimento ao seu estudo, investigando jovens na faixa dos 16 aos 20 anos.



**A ginasta brasileira Jade Barbosa durante a realização de ginástica de solo no Pan-2007, Rio de Janeiro**

## Julia Figueira Salvador

Curso de Letras, Universidade Federal de Minas Gerais



## Pedro Perini-Santos

Departamento de Comunicação Assistiva e Departamento de Letras,  
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais



# ‘Diálogo de surdos’: expressão preconceituosa

**Utilizada por pessoas surdas não só para a comunicação cotidiana, a Língua Brasileira de Sinais (Libras) permite a seus usuários – como acontece com linguagens orais – expressar emoções e elaborar formas poéticas. O emprego da Libras permite a plena transmissão de ideias entre duas pessoas e, por isso, a expressão ‘diálogo de surdos’, usada até nos meios de comunicação, deve ser considerada preconceituosa.**

**A**firmar que os surdos são incapazes de dialogar, ou que os surdos, quando dialogam, não se entendem, é uma atitude preconceituosa, que pode ser constatada no uso da expressão ‘diálogo de surdos’. A agressividade dessa expressão – uma manifestação explícita de preconceito – é semelhante à contida em outros dizeres maledicentes, como ‘serviço de preto’ (para coisas mal feitas), ‘negócio de judeu’ (para relações econômicas sovinas), ‘conversa de loira’ (para gafes femininas) e ‘enterro de anão’ (para situações inusitadas).

Não se trata de um deslize textual ou de um acidente retórico. Em nossa opinião, constitui uma prática linguística desdenhadora e agressiva contra a comunidade surda, difundida e usada sem hesitação pela imprensa. ‘Diálogo de surdos’ foi título de uma reportagem sobre Condoleezza Rice, a secretária de Estado do governo norte-americano anterior, publicada pela revista *IstoÉ* em 30 de abril de 2005, e a mesma expressão apareceu em notícia do jornal

*Folha de S. Paulo* de 29 de janeiro de 2003. Surgiu ainda no jornal da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) em fevereiro de 2008 e na edição de outubro último da revista *Superinteressante*. Pode ser vista também em artigos do jornal português *Correio da Manhã*, de dezembro de 2005, e do *Jornal do Brasil*, de 18 de junho de 2005.

Encontramos mais de 8 mil entradas com a expressão ‘diálogo de surdos’ na internet no início deste ano. Matérias jornalísticas, artigos científicos, páginas institucionais, blogues e páginas de piadas agem preconceitosamente, endossando a crença de que surdos não têm linguagem e não dialogam. Alguns livros de apresentação e discussão sobre a Libras chegam a explicar, em seus capítulos iniciais, que esta não é código Morse, mímica ou linguagem de macaco.

As línguas de sinais são ontologicamente plenas, capazes de expressar conceitos abstratos e conceitos concretos, o que não acontece com os dispositivos co-

municativos dos primatas. Já as mímicas são representações narrativas corporais que não obedecem a qualquer convenção de uso. Assim, uma pessoa que apresenta alguma ideia, por exemplo, por meio de mímica serve-se de gestos e recursos icônicos espontâneos, sem ligação com práticas ou regras comuns. O uso da Libras, porém, exige que seus usuários conheçam e compartilhem formas linguísticas.

Línguas de sinais também não devem ser vistas como códigos. Em nossa visão, existe um código quando há a transcrição (e não tradução) de determinado texto em forma diferente. O Braille, usado por cegos, por exemplo, é um código acessível por meio da sensibilidade tátil daqueles que o conhecem – não se traduz para o Braille, transcreve-se ‘da tinta para o Braille’. No código Morse, transcreve-se das letras para sons variados, ou para pontos e traços na versão impressa.

No caso da linguagem de sinais, não há transcrição, e sim tradução. Além disso, o domínio da Libras habilita os surdos – como acontece com a linguagem oral, no caso dos não-surdos – a se expressar em situações do dia-a-dia, a manifestar suas emoções, a criar formas poéticas e a cursar os três níveis de ensino.

O reconhecimento oficial da Libras como “meio legal de comunicação e expressão” aconteceu em 2002, com a promulgação da Lei nº 10.436, segundo a qual essa forma de “transmissão de ideias e fatos” tem “sistema linguístico de natureza visual-motora” e “estrutura gramatical própria”. Essa é uma data bastante recente, se comparada à da fundação do Instituto Nacional de Estudos sobre a Surdez (Ines), que, em 2007, completou 150 anos.

É ainda mais recente a efetivação da Libras como disciplina obrigatória para a formação de

## Ganhamos todos se a prática da Libras for bem aceita por surdos e ouvintes, o que contribuirá para uma maior aproximação dos usuários de duas línguas oficialmente reconhecidas no Brasil: o português brasileiro e a Língua Brasileira de Sinais

professores, nos níveis médio e superior, e dos cursos de fonoaudiologia. A obrigatoriedade foi determinada pelo Decreto nº 5.626, de 2005, que regulamentou a lei referente à Libras, e inclui todos os cursos de licenciatura, nas diferentes áreas do conhecimento, o curso normal de nível médio, o curso normal superior, o curso de Pedagogia e o curso de Educação Especial.

Essas são indicações inconteste do valor linguístico e social das línguas de sinais. No entanto, é ainda incipiente a participação de crianças, jovens e adultos surdos na escola. Segundo dados do Censo Populacional de 2000, de

776.344 brasileiros surdos entre zero e 24 anos, apenas 56.024 frequentam o ensino básico, 2.041 concluíram o ensino médio e 344 estão matriculados no ensino superior no país.

A partir do convívio e do trabalho que desenvolvemos com alunos surdos matriculados nos cursos de graduação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, parece razoável pensar que a timidez desses números tem origem também no constrangimento no uso da Libras em espaços públicos, mesmo em ambientes universitários. Ora, se os surdos sentem-se inibidos em usar a modalidade espacial da linguagem junto a não-surdos, também fica inibido o contato destes com os primeiros.

O que este artigo pretende dizer é que ganhamos todos se a prática da Libras for bem aceita por surdos e ouvintes, o que contribuirá para uma maior aproximação dos usuários de duas línguas oficialmente reconhecidas no Brasil: o português brasileiro e a Língua Brasileira de Sinais. É necessário salientar, além do valor vernacular dessa última (ou seja, sua utilização comunicativa diária), sua relevância teórica para áreas como linguística, neurologia e principalmente educação, como apontam pesquisas recentes sobre questões relativas ao funcionamento cerebral no uso de línguas de sinais. ■



# Menstruação: outra perspectiva é possível

Felipe A. P. L. Costa

Biólogo, autor de *Ecologia, evolução & o valor das pequenas coisas* (2003)

O sistema reprodutor feminino passa, aproximadamente a cada 28 dias, por dois ciclos: o ovariano, durante o qual ocorre a ovulação, e o uterino (ou menstrual), durante o qual se dá a menstruação. Na primeira metade de um ciclo ovariano normal, um oócito primário madura, tornando-se oócito secundário (óvulo), e este é expelido do ovário (ovulação) em direção ao interior da trompa uterina. Em seguida, as células do ovário envolvidas na maturação do oócito formam uma massa de tecido endócrino, denominada corpo lúteo, que produz hormônios (estrogênio e progesterona) por cerca de duas semanas. Se nesse período o óvulo liberado não for fertilizado, o corpo lúteo degenera.

Cerca de cinco dias após o início do ciclo ovariano, começa o ciclo uterino, no qual um novo revestimento interno do útero (endométrio) é construído e, caso não haja a chegada e o implante de um óvulo fertilizado, destruído. A preparação do útero alcança seu ponto máximo cerca de cinco dias após a ovulação e assim permanece por mais nove dias. Se um óvulo fertilizado não se fixar nesse período, o endométrio entra em colapso, se desprende e flui para fora do corpo pela vagina – esse

fluxo é a menstruação. A maioria das mulheres perde em torno de 50 ml de sangue e células epiteliais durante o período menstrual, que em geral dura de quatro a cinco dias.

A preparação para o início desses processos cíclicos mensais normalmente acontece quando a menina tem entre nove e 10 anos. A primeira menstruação (menarca) ocorre por volta dos 12 anos, e a última costuma se dar quando a mulher tem entre 45 e 55 anos, fase em que o corpo feminino apresenta diversas alterações fisiológicas. A menstruação passa por períodos de atrasos ou suspensões até cessar definitivamente. É a menopausa, o fim da vida reprodutiva da mulher.

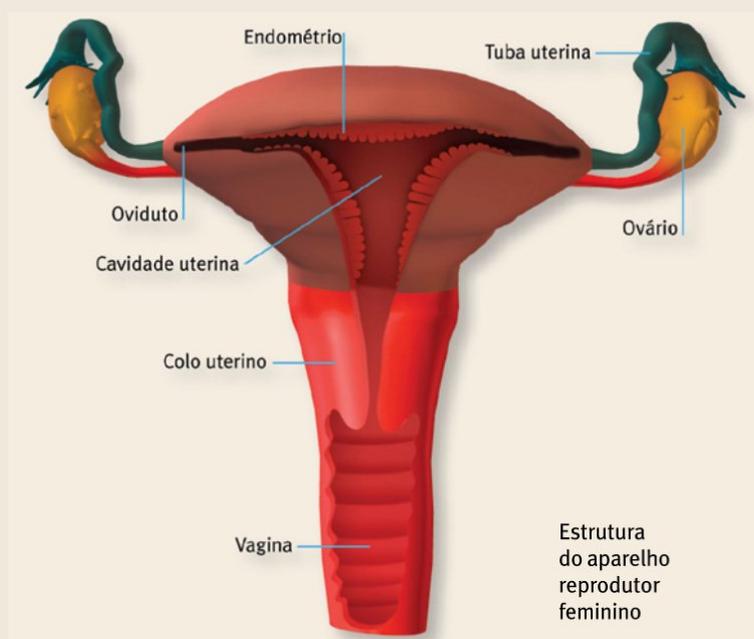
## Por que existe a menstruação?

O conteúdo dos parágrafos anteriores pode ser considerado um resumo, sucinto e grosseiro, de como a menstruação e processos associados ocorrem nas mulheres. Um especialista nos contaria uma história bem mais extensa e detalhada, enquanto um grande estudioso do assunto provavelmente nos levaria mais longe, revelando os mais intrigantes detalhes moleculares do processo. Por mais extensos e detalhados, no entanto,

tais relatos não deixariam de ser respondidas à pergunta: ‘como’ o fenômeno da menstruação se desenrola? Uma resposta precisa e completa para esse tipo de pergunta não precisa oferecer mais que isso: uma explicação (hipotética) envolvendo a descrição de eventos que se sucedem, ocorrem simultaneamente ou se influenciam mutuamente no interior do corpo. É justamente isso, e apenas isso, o que encontramos nos melhores livros-texto de fisiologia humana – ver, por exemplo, *Fisiologia humana de Houssay* (Artmed, 2004), organizado por Horacio E. Cingolani e Alberto B. Houssay, e *Tratado de fisiologia médica* (Elsevier, 2006), de Arthur C. Guyton e John E. Hall.

Uma descrição da fisiologia da menstruação, por mais detalhada e extensa que seja, não responde, por si só, a outro tipo de pergunta: ‘por que’ as mulheres menstruam? Ao fazer essa pergunta, igualmente válida e pertinente, adquirimos uma perspectiva nova da questão – isto é, o assunto permanece o mesmo, mas o enfoque muda.

Em biologia, quando perguntamos o porquê de determinado fenômeno ou processo, já não estamos lidando apenas com a fisiologia do corpo dos seres vivos, mas com a história dessa fisiologia



Estrutura do aparelho reprodutor feminino

– isto é, como e por que tal processo evoluiu ao longo das gerações. No nosso caso, indagar “por que as mulheres menstruam?” equivale a perguntar: “Por que a menstruação evoluiu?” O que está em jogo agora é o modo como o processo da menstruação (tal qual o conhecemos) evoluiu. Podemos, nesse ponto, refazer a pergunta, levando em conta os termos correntes da atual teoria da evolução por seleção natural: a evolução da menstruação foi ou não um processo impulsionado por vantagens adaptativas?

Embora essas duas questões – como e por quê – estejam interligadas, elas têm um grau significativo de autonomia, a ponto de serem investigadas em separado. Além disso, a ‘tradição do como’ é mais antiga e mais simples do que a ‘tradição do por quê’, e por isso a biologia tem sido mais bem-sucedida na formulação de explicações funcionais para os fenômenos da vida. De um ponto de vista pragmático, a explicação funcional é (ou parece ser) suficiente para nos orientar nas muitas questões do dia-a-dia. É por isso que um médico ou uma médica ginecologista, por exemplo, pode orientar de modo satisfatório mu-

lheres com distúrbios no sistema reprodutor (ciclos menstruais irregulares, sangramento excessivo etc.), mesmo quando nada sabem sobre o ‘porquê’ da menstruação – isto é, sobre os fenômenos e processos que moldaram a evolução do corpo humano.

A bem da verdade, até bem pouco tempo atrás não havia uma teoria biológica que explicasse de modo consistente a evolução da menstruação, embora os detalhes fisiológicos sejam bem conhecidos. A situação começou a mudar nas últimas décadas, quando surgiram as primeiras hipóteses explicativas de cunho evolutivo, trazendo várias ideias interessantes e promissoras. Um exemplo é a hipótese formulada pela bióloga norte-americana Margie Profet, segundo a qual a menstruação teria evoluído como um mecanismo de defesa contra micróbios nocivos trazidos pelos espermatozoides – ver *A beleza da fera* (Rocco, 1998), de Natalie Angier.

A hipótese de Profet apareceu em um artigo publicado em 1993 e, embora desde então tenha encontrado mais restrições que apoio, mexeu com as ideias sobre o assunto. Nesse sentido, pode ser considerada um marco. Em 1996

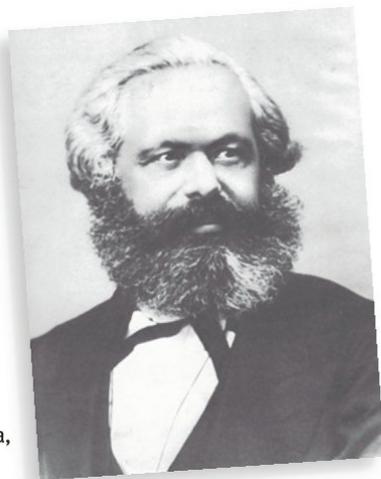
apareceu outra hipótese adaptativa, proposta pela antropóloga, também norte-americana, Beverly Strassmann. Além de argumentar contra as ideias de Profet, Strassmann apresentou sua explicação, a de que a menstruação teria evoluído por razões essencialmente econômicas – construir, destruir e reconstruir o endométrio consumiria menos recursos do que mantê-lo permanentemente preparado para receber um embrião eventual.

Explicações adicionais (adaptativas ou não) apareceram depois disso, como a hipótese de que a menstruação teria evoluído como um indicador externo do ciclo reprodutivo feminino. Até agora, porém, nenhuma das hipóteses parece ter se tornado hegemônica entre os estudiosos. Ainda que todas as propostas já publicadas mostrem-se inconsistentes e sejam substituídas em futuro próximo, não há dúvida de que o enfoque evolutivo lançou luz nova sobre um assunto ainda cercado de preconceitos, erros e mal-entendidos, inclusive entre os especialistas.

Por exemplo, muitos especialistas em fisiologia humana sem formação em biologia evolutiva encaram as perguntas levantadas por biólogos evolucionistas como excessivamente ‘selecionistas’ (“a menstruação, afinal, não seria uma adaptação”) ou, pior ainda, como sem sentido. Entretanto, com exceção talvez desses últimos (os fisiologistas, para quem “fenômenos e processos fisiológicos são o que são, e pronto”), dificilmente algum estudioso da reprodução humana discordaria da pertinência das perguntas que a biologia evolutiva vem levantando. Por que as mulheres menstruam? Por que não manter a camada uterina (endométrio) até que o bebê precise dela? E mesmo que o descarte do endométrio seja uma medida econômica, por que o sangramento copioso? Por quê? ■

# Prelúdio para *O capital*

No dia 11 de junho de 1859, a editora Franz Duncker, de Berlim, lançava *Contribuição para a crítica da economia política*, do filósofo e economista alemão Karl Heinrich Marx (1818-1883). Com um prefácio considerado singular em sua obra e dois longos capítulos que tratam dos temas ‘mercadoria’ e ‘dinheiro’, *Contribuição* destaca-se na extensa e fecunda produção do autor por tratar – ora com maior, ora com menor profundidade – de matéria que seria explorada em sua obra máxima, *O capital*, cuja edição, em quatro volumes, começou a ser feita em 1867. Em português, *Contribuição para a crítica da economia política* foi publicada pela primeira vez em 1946 pela editora Flama, com tradução do sociólogo Florestan Fernandes (1920-1995).



Karl Marx em 1867, ano do início da publicação de sua obra máxima, *O capital*

Na vasta obra de Karl Marx, *Contribuição para a crítica da economia política* é o primeiro produto acabado de uma longa dedicação ao estudo da economia política. A partir de 1842-1843 Marx foi compelido, como jornalista da *Gazeta Renana*, a considerar o que chamou de “interesses materiais”. Filósofo e jurista de formação, fez seus primeiros estudos sistemáticos de economia durante sua estada em Paris, em 1844. As marcas dessa primeira aproximação estão na obra *Manuscritos econômico-filosóficos*, de 1844, só publicada em 1932.

Entre 1844 e 1849, deu continuidade aos estudos de economia, tendo escrito trabalhos significativos como *Discurso sobre o livre câmbio*, *Miséria da filosofia*, *Trabalho assalariado e capital* e *Manifesto do partido comunista*, este último escrito em parceria com o filósofo alemão Friedrich Engels (1820-1895). Mas é sobretudo a partir de 1849, em Londres – onde passou a viver após ser expulso da França, Bélgica e Alemanha –, que Marx desenvolverá seu extraordinário projeto de crítica da economia política.

Sem fonte de renda regular, com família que cresceu ao longo do tempo, Marx viveu muitos anos, os mais profícuos de sua vida intelectual, sob precárias condições. Durante o período talvez mais importante de sua atividade criativa, entre 1850 e 1860, sobreviveu à custa de trabalho jornalístico exaustivo e insuficientemente remunerado e graças à generosidade de Engels, seu amigo e parceiro intelectual.

Durante anos Marx passava o dia no Museu Britânico fazendo pesquisas para os artigos que publicaria no jornal nova-iorquino *New York Daily Tribune*, no qual escrevia sobre história, política e economia europeia. À noite gastava horas na elaboração da *Crítica da economia política*. Em 1857, talvez como resultado de seus intensos estudos, disse por carta a Engels que uma crise econômica de grandes proporções estava por vir – e que de fato veio pouco depois – e que era urgente elaborar uma ‘crítica’ para subsidiar a luta revolucionária do movimento operário no contexto da crise.

Nos meses de agosto e setembro de 1857, Marx elaborou uma *Introdução à crítica da economia política*, que ficou inédita até o começo do século 20. Entre setembro de 1857 e março de 1858, redigiu o volumoso manuscrito *Fundamentos da crítica da economia política*, publicado entre 1939 e 1941. Esse texto – conhecido por *Grundrisse* (fundamentos, em alemão), que não foi escrito visando à publicação – é o resultado de 15 anos de

estudos sobre economia política e contém os avanços decisivos que a elaboração crítica de Marx havia alcançado. Embora as teorias marxistas sobre valor, dinheiro, mais-valia e capital ainda não tivessem sido desenvolvidas em todos os seus aspectos, a essência delas está nos *Grundrisse*.

É a partir desses *Fundamentos* que Marx elaborará *Contribuição para a crítica da economia política*. Em junho de 1859 foi lançado um total de mil exemplares da obra, publicada pela casa Franz Duncker, de Berlim, por instâncias de Ferdinand Lassalle. O livro acabou não tendo o impacto que Marx esperava, sendo recebido, sobretudo na Alemanha, com um silêncio que comprometeu sua difusão.

A palavra crítica, que está no título da obra, deve ser pensada à luz de uma conquista importante da filosofia do alemão Georg Hegel (1770-1831), isto é, o novo exame do procedimento crítico que ela estabelece, expresso na palavra alemã *aufhebung* – algo como ‘superação’, cujo sentido remete a uma operação crítico-prática que consiste em explicitar conteúdos que merecem ser conservados e em expurgar os que devem ser abandonados, por insubsistentes, viciados ou contrários à emancipação do pensamento.

Assim, quando Marx dá ao livro o título *Contribuição para a crítica da economia política*, o que está em jogo é mais que um comentário ou paráfrase. Trata-se da apreensão do conjunto do objeto da economia política, em que suas teses, conceitos e procedimentos são considerados criticamente em seus próprios termos. Também são explicitados conteúdos da economia política considerados problemáticos e apresentadas questões e perspectivas novas, que redefinem o campo conceitual da área. Em resumo, para Marx, fazer a crítica da economia política significa reconhecer o acerto de certas teses da economia política clássica e, ao mesmo tempo, promover o avanço da capacidade explicativa da economia política mediante seu aperfeiçoamento teórico e metodológico.

## Dois capítulos e um prefácio

*Contribuição para a crítica da economia política* reúne dois capítulos (um sobre ‘mercadoria’ e outro sobre ‘dinheiro ou circulação simples’) e um prefácio que tem lugar especial na obra de Karl Marx. Esse prefácio contém simultaneamente um roteiro geral da ‘crítica da economia política’ (incluindo discussões sobre capital, propriedade fundiária, trabalho assalariado, Estado, comércio exterior, mercado mundial e crises), o esboço de uma autobiografia intelectual e os fundamentos metodológicos da crítica da economia política, isto é, sua dimensão histórico-dialética.

Aos dois capítulos, deveria seguir-se um terceiro, referente ao capital, no qual Marx trabalhou intensamente. Mas só em 1861 ele escreveria os cadernos que comporiam o capítulo sobre o capital, que acabou não

sendo publicado então devido a alterações no plano original. Entre 1861 e 1863 ele produziu 23 cadernos, dos quais os cinco primeiros constituem o capítulo sobre *O capital*, que seria uma continuação de *Contribuição para a crítica da economia política*. Os cadernos de 6 a 15 e o 18 continham o material que foi publicado com o título de *Teorias da mais-valia*. Finalmente, os cadernos 16, 17, 20, 21, 22 e 23 contêm matérias referentes aos livros I, II e III de

*O capital*. O capítulo sobre o capital, continuação da *Crítica da economia política*, só foi publicado em 1976, no âmbito do projeto de edição das obras completas de Marx e Engels, pela editora Dietz Verlag, de Berlim.

Em português, além da primeira edição da obra, lançada em 1946, uma nova edição veio a público em 1974, com o título *Para a crítica da economia política*, traduzida por José Arthur Giannotti e Edgar Malagodi. O volume foi incluído na coleção *Os pensadores*, publicada originalmente na década de 1970 pela editora Abril Cultural.

*Contribuição para a crítica da economia política* tem um significado decisivo na obra de Marx. O livro é o primeiro produto, quase inteiramente acabado, do projeto marxista de crítica à economia política. Quando comparado com os capítulos equivalentes de *O capital*, afloram duas grandes diferenças. Contra *Contribuição* devem-se considerar tanto a ausência da importante discussão sobre ‘o fetichismo da mercadoria’ quanto a discussão menos detalhada sobre ‘a forma do valor’. Por outro lado, fala a favor do livro, assegurando-lhe permanente interesse, seu extraordinário capítulo sobre ‘dinheiro ou a circulação simples’, um dos pontos altos da obra de Marx.

Ler *Contribuição para a crítica da economia política* hoje pode ter para alguns o sentido de uma descoberta. Para outros será o reencontro com uma obra que se mantém atual, na essência de suas ideias, quanto mais o capitalismo revela o que Marx surpreendeu de sua dinâmica estrutural: contradição em processo, responsável objetivamente pelo bloqueio da plena emancipação humana. De resto, a crise financeira contemporânea põe novamente a obra de Marx em seu devido lugar – o de instrumento inexcedível da crítica de um mundo dominado pelo capital.

### João Antonio de Paula

Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional,  
Faculdade de Ciências Econômicas,  
Universidade Federal de Minas Gerais

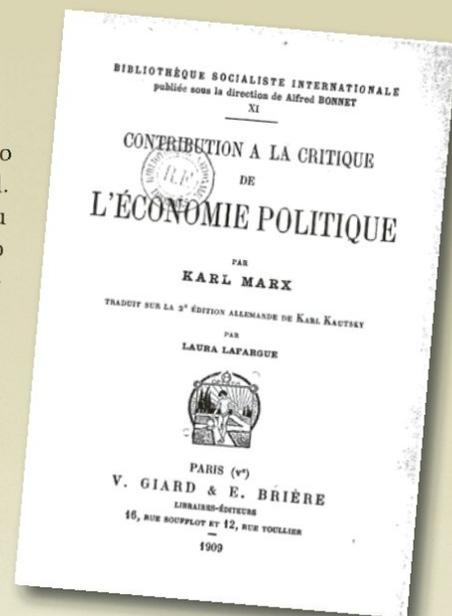


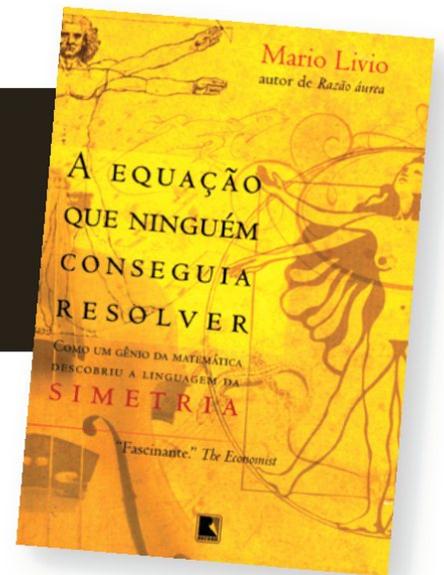
Figura 1. Frontispício da edição francesa de *Contribuição para a crítica da economia política*, de Karl Marx

# A matemática da simetria

**A equação que ninguém conseguia resolver: como um gênio da matemática descobriu a linguagem da simetria**

**Mario Livio**

Rio de Janeiro, Record, 406 p., R\$ 53



O novo livro de Mario Livio, recentemente traduzido, tem um título ainda mais comprido do que o anterior, *Razão áurea: a história de  $\phi$ , um número surpreendente*, mas oferece igualmente, como aquele, uma leitura empolgante para uma audiência não especializada, apresentando uma coleção quase improvável de assuntos, dentre os quais destacamos dois grupos, a simetria de 'todos e tudo' e o das equações que não podem ser resolvidas.

Cada vez que nos olhamos no espelho, não podemos deixar de reparar nossa simetria bilateral. Não só o corpo humano, mas também a maioria dos animais e uma enormidade de artefatos humanos exibem essa simetria. As composições artísticas, arquitetônicas e musicais exibem outro tipo de simetria, a de translação, repetindo padrões. Simetrias mais geométricas aparecem em muitas plantas e em estruturas de cristais e flocos de neve. A simetria dos palíndromos aparece no sequenciamento do DNA do cromossomo Y. As leis da natureza, além de simétricas por translação e rotação, tampouco se importam com que velocidade e em que direção nos movemos.

A história da ciência apresenta poucos capítulos tão fascinantes – envolvendo até uma competição e um duelo – como o da busca das soluções de equações polinomiais por meio de operações elementares. As equações matemáticas surgiram há milhares de anos, como forma de resolver problemas práticos de comprimento e área. Os babilônios já sabiam resolver equações de grau dois (muitos alunos do segundo grau até lembram da fórmula de Bhaskara) mas nos três milênios que se seguiram nada foi feito em termos da resolução de equações polinomiais de grau maior do que dois.

Foi só na Itália renascentista, em pleno século 16, que se conseguiu resolver as equações gerais de graus três e quatro, uma conquista que constitui uma novela fascinante, envolvendo vários personagens na disputa pela autoria das fórmulas. Seguiram-se então três séculos de fracasso, por parte dos melhores matemáticos da época, no ataque às equações de grau cinco. Foi só na primeira metade do século 19 que dois jovens prodígios – o norueguês Niels Henrik Abel (1802-1829), então com 21 anos, e o francês Évariste Galois (1811-1832), com

18, que sequer se conheceram – conseguiram colocar um ponto final nessa busca, muito pouco antes de suas mortes precoces.

De que maneira poderiam estar relacionados esses dois assuntos, a simetria e a resolução de equações? Ocorre que Galois conseguiu provar que a existência (ou não) de uma fórmula elementar para a resolução de uma particular equação depende das simetrias que existem entre a totalidade das possíveis soluções dessa equação. Com isso, ofereceu para a posteridade uma nova estrutura matemática, a dos grupos, que se transformou na linguagem com a qual podemos descrever as simetrias.

Muitos livros já foram escritos sobre os vários aspectos da simetria e podemos encontrar aqueles didáticos, que apresentam a teoria de grupos. Existem também livros excelentes narrando a história das equações e de matemáticos, cada um com seu público-alvo especializado. Mas este livro maravilhoso, sem fórmulas abstratas e com uma narrativa dramática e inquietante, consegue a proeza de

nos introduzir simultaneamente, em uma espiral crescente e alter-nante, aos mundos da simetria, das equações e dos grupos. Com uma narrativa excitante (uma quarta parte sendo reservada para a curta vida dos dois gênios) e uma linguagem clara, Mario Livio elucida muitos aspectos da teoria de grupos, da relatividade, da mecânica quântica e da teoria de cordas, bem como inúmeros fenômenos das artes e das ciências.

Considerando que a Record levou três anos para lançar esta tradução, seria de se esperar que a obra tivesse sido convenientemente revisada, o que não ocorre. Não posso enumerar todos os erros de tradução e revisão, inclusive porque acredito que trocar uma data de 12 para 23 (p. 85), chamar um círculo máximo de grande círculo (p. 219) ou uma função transcendente de transcendental (p. 125) e traduzir número inteiro qualquer por ordinal (p. 266) ou primo por primeiro (p. 180), não tirem do leitor leigo o prazer da leitura. No entanto, um papiro que “reside” em museu (p. 69) e percepções que “penetram nos matemáticos” (p. 89) já incomodam mais, bem como várias concordâncias simplesmente erradas. Finalmente, creditar a obra anterior de Mario Livio ao autor que o precede na bibliografia (p. 368) e expressões como “pela aquela” (p. 197) ou “que o maior o número” (p. 313) não podem ser desculpas, muito menos apresentar (p. 253) a tradução de um verso do grande James Joyce lado a lado com o original, em que o latido (*bark*, no original) de um cachorro aparece, com todas as letras, traduzido por “barco”.

**Claus Ivo Doering**

Departamento de Matemática,  
Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul

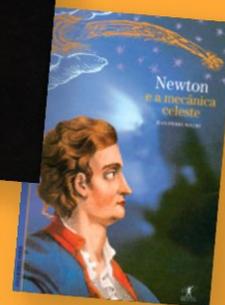
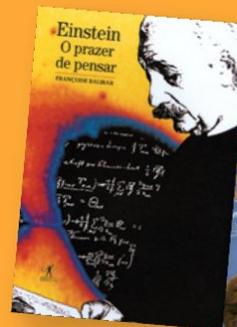
## Einstein: o prazer de pensar

**Françoise Balibar**  
**Newton e a mecânica celeste**

**Jean-Pierre Maury**

*Rio de Janeiro, Objetiva, 144 p., R\$ 29,90*

As descobertas de Isaac Newton e de Albert Einstein exerceram profundas mudanças no conhecimento científico de suas épocas e hoje são referências universalmente assimiladas. Escritos pelos físicos Jean-Pierre Maury e Françoise Balibar, respectivamente, os dois livros, que pertencem à série francesa Descobertas, traçam retratos apurados desses dois cientistas revolucionários e geniais e de suas pesquisas. O percurso até a enunciação da lei da gravitação universal por Newton e a formulação da teoria da relatividade de Einstein é apresentado com detalhes, e muito enriquecido pela diagramação arrojada dos volumes, inteiramente ilustrados com fotos, manuscritos, obras de arte etc. Mostrando grande intimidade com seus temas, os autores proporcionam uma leitura agradável e esclarecedora.

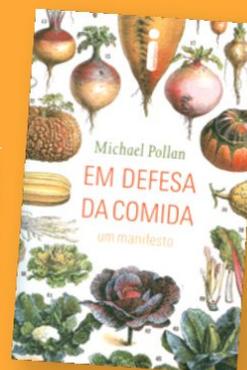


## Em defesa da comida – Um manifesto

**Michael Pollan**

*Rio de Janeiro, Intrínseca, 272 p., R\$39,90*

“Comida de verdade”, para Michael Pollan, é muito diferente daquilo que consumimos e compramos em supermercados. São os alimentos tradicionais, frescos, orgânicos e não-industrializados; ou seja, aquilo que nossas avós reconheceriam como comida e que dispensa no rótulo informações sobre benefícios à saúde. É essa a alimentação que Pollan – também autor de *O dilema do onívoro*, considerado um dos 10 melhores livros de 2006 pelo New York Times – propõe, em uma crítica articulada e severa aos hábitos alimentares ocidentais. Para ele, a preocupação obsessiva com a saúde gera produtos aparentemente inocentes e saudáveis, mas que contêm substâncias (como corantes, conservantes etc.) que não alimentam e não fazem bem ao organismo. Assim, comemos “substâncias comestíveis parecidas com comida” sem o prazer de comer e a serviço dos interesses da indústria alimentícia. O resultado, segundo ele, é uma sociedade cada vez mais preocupada com a saúde – e cada vez mais doentia.

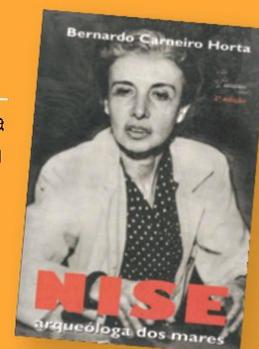


## Nise – Arqueóloga dos mares

**Bernardo Carneiro Horta**

*Rio de Janeiro, Aeroplano, 400 p., R\$ 60*

A personalidade forte e o trabalho inovador da psiquiatra Nise da Silveira (1905-1999) são o foco dessa biografia original. Jornalista que participou durante anos do Grupo de Estudos C.G. Jung, fundado por Nise, e teve intensa convivência com a médica, o autor escolheu contar sua história a partir de biografemas (ciência que, segundo o crítico Roland Barthes, “teria como objeto pormenores isolados da vida da gente”). O uso desse recurso permite que o leitor tenha a impressão de estar ouvindo diretamente a voz de Nise. É como se ela estivesse narrando e comentando os episódios marcantes de sua vida-obra, como a infância nas Alagoas, a chegada ao Rio de Janeiro nos anos 20, a prisão durante o governo Vargas, o encontro com o analista suíço Carl Gustav Jung e seu trabalho no Centro Psiquiátrico Pedro II. Foi neste último centro, no Rio de Janeiro, onde Nise criou o Museu de Imagens do Inconsciente e revolucionou a forma de lidar com os pacientes psiquiátricos, estimulando-os a expressar suas emoções mais profundas por meio da linguagem plástica (ela não gostava do termo ‘arteterapia’) e transformando animais, sua grande paixão, em coterapeutas.



### Cores e formas

Ponderando uma matéria, seleciono a das esponjas ('O diálogo químico das esponjas', em CH 254). Gostaria de parabenizar a equipe pela bela reportagem, e de enfatizar a importância desta, tendo como foco o aquecimento do planeta, já que as esponjas – costume me referir a elas como termômetros da vida – assumem um papel importantíssimo no ecossistema marinho, e garantem, acima de tudo, a vida de muitas espécies que têm como habitat os recifes oceânicos. Um conjunto celular, uma colônia especial, um arcabouço de cores e formas, filtros eficientes: estes são termos que se fazem presentes ao falarmos das esponjas das 'florestas' marinhas.

**Alan de Barros Souza Júnior**  
Recife, PE

### Ótima fonte

Sou estudante de graduação do curso de ciências biológicas do Centro Universitário do Planalto de Araxá e assinante da CH. Gostaria de dar os parabéns a toda equipe pelo conteúdo exposto nas edições da mesma. Os assuntos abrangem as diversas áreas do conhecimento, mas principalmente as questões ambientais e/ou voltadas para a natureza de maneira geral. Questões essas tão importantes nos dias atuais, pois é de suma valia conscientizar as pessoas em relação a mudanças de postura perante

a natureza, que infelizmente está cada vez mais degradada. Nesse âmbito, a revista se torna uma ótima fonte para leitura, pesquisas e consultas a informações atuais e interessantes. Já sou um leitor constante e espero ansioso pelas novas edições.

**Vinícius Londe Ferreira**  
Araxá, MG

### Risco em detergentes

Um texto importante como 'Risco oculto nos biodegradáveis' (CH 254) deveria ser aberto para todo o público. Nesses casos, vale muito mais a pena informar do que faturar. Diminuir o risco que a população vem correndo de desenvolver doenças graves, e, mesmo, de ver sua prole se tornar sexualmente anormal ou de não conseguir se reproduzir, vale a pena. Parabéns pela inclusão desse artigo na revista! Mas gostaria de lembrar que esse assunto já foi tratado antes. Pesquisadores de várias partes do mundo contribuíram para a edição do livro *O futuro roubado*, que tratou exatamente desse mesmo assunto, chegando às mesmas conclusões, na década de 1990. E a emissora inglesa BBC fez um documentário, que pode ser encontrado na internet, baseado nessas pesquisas. Talvez por isso, muitas dessas substâncias tenham sido proibidas nos países onde foram inventadas. Nós, aqui, continuamos pagando royalties para utilizá-las para que adoeçam nosso povo.

**José Orestes Merola de Carvalho**  
Porto Velho, RO

### Cor das águas I

Assinante desde o primeiro momento, quando ainda era aluno de curso técnico, quero parabenizar a revista pelo conteúdo sério e primor na seleção e revisão dos artigos. Mas também quero dar uma contribuição ao artigo 'A cor das águas naturais' (CH 255), pois, como

membro de comitês de bacias hidrográficas, considero importante a proposta de mais instrumentos para caracterizar e qualificar nossos recursos hídricos que pode advir desse artigo. Há três correções a serem feitas: a) a propriedade da água de remover minerais da crosta terrestre está relacionada, em primeira instância, à sua capacidade de corrosão mecânica, que leva ao arraste, suspensão e, parcialmente, solubilização de substâncias, e somente nesse último aspecto se caracteriza a propalada ação como 'solvente universal'; b) a oxidação física pela luz solar é na verdade oxidação química; e c) como expomos aos nossos alunos, deve-se usar massa molar (ou molecular) em vez de "peso" (medida de força).

**Adilson Roberto Gonçalves**  
Escola de Engenharia de Lorena,  
Universidade de São Paulo  
Lorena, SP

### Cor das águas II

Sou recém-formado em ciências biológicas pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Uenf). Trabalho embarcado em uma plataforma de petróleo na bacia de Campos. Não é uma vida fácil, mas sou feliz, apesar da correria. Conheci a revista por meio do meu orientador, Paulo Pedrosa, que escreveu o artigo 'A cor das águas naturais' (CH 255). Fiquei emocionado. Adorei as ilustrações e esquemas. Aliás, adorei a revista inteira! Tudo numa linguagem séria, mas compreensível por qualquer pessoa. Vocês estão de parabéns! Num país onde a ciência ainda não recebe o respeito que merece, atitudes como essa motivam os jovens a continuar estudando e lutando pelos nossos sonhos.

**Cassius Marcelo**  
Campos, RJ



### Correção

- No final do primeiro parágrafo do artigo 'As descobertas científicas de Galileu' (CH 256), há um equívoco: o texto diz que Copérnico seria defensor da tese de que a Terra era o centro do universo conhecido em sua época, mas na verdade esse astrônomo defendia a ideia de que o Sol estava no centro do cosmo.

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

**CORREIO ELETRÔNICO:**  
cienciahoje@cienciahoje.org.br

# Três irmãs

**Marco Moriconi**

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



Dois matemáticos, Carlos e Leonardo, amigos de longa data, reencontram-se por acaso. A conversa é agradável, falam um pouco de tudo. Mas quase nada de matemática. Razão: são de áreas tão distintas que levaria muito tempo para conseguirem achar um assunto comum aos dois.

No final da conversa, Leonardo menciona que tem três filhas, e Carlos pergunta: “Leo, quais as idades delas?” Leonardo não deixa a oportunidade passar e ‘manda’ um pequeno enigma.

Eis o diálogo entre os dois:

“O produto das idades delas é 36”, diz Leo.

“Hmmm... Mas isso não é suficiente para descobrir a resposta.

Quanto é a soma das idades?”, pergunta Carlos.

“Isso não te ajudaria a achar a solução do problema”, rebate Leo.

“Bem... preciso de mais uma dica”, pede Carlos.

“A mais velha começou a estudar piano...”, explica Leo.

“Ah, ah! Já sei!”, comemora Carlos.

Pergunto ao leitor: por onde começar?

Temos que tentar extrair toda a informação matemática possível do que Leonardo disse. Primeiramente, o produto das idades é 36. Temos que fazer uma lista das possíveis idades para as três irmãs. Para isso, pegue lápis e papel e busque todos os produtos de três números cujo resultado dá 36 – é, em matemática, tem que se trabalhar duro também!

Escrevendo  $(a, b, c)$  para as idades das três irmãs (com  $a \leq b \leq c$ ), nossa lista deve ser:  $(1, 1, 36)$ ;  $(1, 2, 18)$ ;  $(1, 3, 12)$ ;  $(1, 4, 9)$ ;  $(1, 6, 6)$ ;  $(2, 2, 9)$ ;  $(2, 3, 6)$ ;  $(3, 3, 4)$ .

Isso é tudo que a primeira informação nos dá.

Vamos à segunda informação: a soma das idades não ajuda a descobrir a resposta. Façamos a lista das somas, na mesma ordem das triplas que escrevemos acima: 38, 21, 16, 14, 13, 13, 11, 10. Preste atenção nessa nova lista: os números são quase todos diferentes, exceto pelas duas triplas que dão 13.

Note, agora, uma sutileza no que Leo disse: saber a soma não ajuda a achar as idades. É justamente o fato de haver duas somas iguais que impediria Carlos de descobrir as idades corretas. Portanto, as triplas com a resposta certa só podem ser  $(1, 6, 6)$  ou  $(2, 2, 9)$ . Bem, já melhorou.

Mas o que tem a ver saber o fato de a mais velha tocar piano? Isso não parece uma afirmação matemática... Mas espere! A mais velha... Para a tripla  $(1, 6, 6)$ , não há uma irmã mais velha!

Conclusão: as idades têm que ser  $(2, 2, 9)$ . Ou seja, dois, dois e nove anos.

Esse problema é interessante por ilustrar pelo menos dois aspectos do trabalho matemático. Primeiro: muitas vezes, temos que fazer um pouco de ‘trabalho duro’, colocar a mão na massa, pois nem sempre é possível resolver um problema meramente por meio de argumentos simples e elegantes (nesse caso, o ‘trabalhoso’ foi listar todas as triplas de inteiros positivos cujo produto é 36). Segundo: muitas vezes, temos que extrair alguma informação matemática a partir de afirmações de natureza aparentemente não matemática, como “a mais velha começou a estudar piano”.

Na verdade, matemática é sempre a soma de trabalho duro e criatividade (e, por vezes, a primeira conta mais que a última!). ■

## DESAFIO

E se Leonardo tivesse dito que o produto das três é 7?

## SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

Usando o mesmo método, podemos denominar a sequência de jogadas  $(1, 2, 3, 4, 5, 6)$  como sendo 1;  $(2, 3, 4, 5, 6, 1)$  como sendo 2;  $(3, 4, 5, 6, 1, 2)$  como sendo 3; e assim por diante, descartando todos os outros lances. A probabilidade de cada sequência é  $P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times P_5 \times P_6$ . E, assim, conseguiríamos converter o dado desonesto em um dado honesto.



# Linchamentos



## Renato Lessa

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

**H**á cerca de cinco anos, em um subúrbio carioca, dois rapazes acusados da prática de assalto à mão armada foram linchados por uma multidão. A polícia encontrou o fato já consumado e fez apenas uma prisão em flagrante: uma idosa sobre um dos cadáveres, com uma colher de sobremesa, a arrancar os olhos do que restou de um dos supostos meliantes. Levada para a delegacia, nada mais lembrava do transe que a fez participar do ritual de justificação.

José de Souza Martins, da Universidade de São Paulo, há 40 anos dedica-se à coleta de informações sobre linchamentos no Brasil. Essas práticas coletivas vitimam prioritariamente homens pobres e são praticadas por grupos vicinais urbanos, que incluem homens, mulheres e até crianças. Martins tem um arquivo no qual, desde 1940, estão registrados cerca de 2 mil casos. Segundo ele, “o Brasil lincha desde o século 16 e é o país no qual ocorre o maior número de linchamentos”.

Ainda assim, quase nada sabemos a respeito de por que linchamentos ocorrem. A respeito dos olhos arrancados, Martins dá-nos explicação sugestiva: mais que destruir o corpo dos vitimados, a multidão que lincha visa apagar todos os sinais de humanidade, o que inclui o propósito de eliminação de suas ‘almas’. Sem os olhos, condenam-se a uma desorientação eterna, sem qualquer possibilidade de remissão.

Há, por certo, marcadores mais objetivos. Os lincháveis são, em geral, indivíduos acusados de roubos – associados a atos violentos – e, sobretudo, de estupros e crimes sexuais. As multidões de linchadores localizam-se, em sua maioria, em periferias pobres, com baixa presença dos poderes públicos. Demonstrem, ainda, descrença na capacidade punitiva e reparadora da Justiça e desconfiam (muito) da polícia. Dizer isso, no entanto, é muito pouco. Quantos brasileiros, afinal, identificam-se com tal prontuário social, sem que jamais lhes tenha ocorrido participar de um linchamento?

O antropólogo moçambicano Carlos Serra, da Universidade

Eduardo Mondlane, tem analisado as “infraestruturas sociais, na retaguarda dos linchamentos” em seu país (um dos campeões mundiais), praticados em três modalidades, segundo as vítimas: (i) acusados de roubo e estupro (homens de 18 a 29 anos); (ii) acusados de feitiçaria (mulheres) e (iii) submetidos à morte social (em geral ‘feiticeiros’, aos quais são impostos sinais físicos e mutilações). Os sinais infraestruturais estão presentes: criminalidade descontrolada, desemprego, concentração demográfica etc. Mas nem todos os submetidos a tais condições ‘passam ao ato’, como diriam os psicanalistas.

Serra analisou redações de crianças do ensino básico, de 11 a 13 anos, elaboradas a partir das perguntas “o que se deve fazer a um ladrão?” e “o que se deve fazer a um feiticeiro?”. No caso dos ladrões, a resposta padrão foi “infringir-lhes castigo prévio e depois entregá-los à polícia”. Para as feiticeiras, a morte pelo fogo. As redações revelam ainda o peso de uma cultura de justiça punitiva e da familiaridade com o castigo físico como forma de correção. A impressionante análise do antropólogo inclui, ainda, o relato da explosão de alegria, presente no ritual do linchamento, percebido e vivido como experimento de purificação.

As razões dos linchamentos parecem esfumar-se na própria crueldade humana, tema milenar e sempre inacabado. Ainda que suas origens sejam obscuras, parece haver método na coisa e um saber acumulado pela experiência. Os linchamentos brasileiros são sempre precedidos de atos de aproximação, nos quais a vítima é atingida por pedradas e pauladas. O passo seguinte é o da queda, que permite o máximo de aproximação pessoal e física com o agredido, por meio de golpes diretos com pés e mãos e o uso de facas e instrumentos de perfuração. Mutilações nessa fase não são incomuns, desde que não matem. A fase final, desse ritual que dura cerca de 45 minutos, é representada pelo fogo, imposto com a vítima ainda viva e como garantia de que a forma humana não mais será reconhecida. A retirada dos olhos demonstra o curioso zelo de uma multidão capaz de atos de extrema crueldade, apesar da grande familiaridade com as práticas mais comezinhas e inofensivas da vida cotidiana. ■

As razões dos linchamentos parecem esfumar-se na própria crueldade humana, tema milenar e sempre inacabado

