

REVISTA DE  
DIVULGAÇÃO  
CIENTÍFICA  
DA SBPC

264

INSTITUTO  
**CH**  
CIÊNCIA HOJE



**SB  
PC**

VOL. 44  
OUTUBRO  
2009  
R\$ 9,95

# Eletroacupuntura

## Esperança contra a depressão

**ASTRONOMIA**  
Lentes gravitacionais  
auxiliam os astrofísicos  
a entender o universo

**ARTE E CIÊNCIA**  
Revolução na física  
no início do século 20  
inspirou os cubistas

**MANGUEZAIS**  
Litoral da Amazônia  
exibe riqueza ambiental  
ainda desconhecida



# Efeitos da eletroacupuntura

**Técnica milenar de origem chinesa**, a acupuntura vem sendo cada vez mais adotada no mundo ocidental. Mas, se até há pouco tempo o método empírico das agulhadas deixava muitos cientistas de cabelo em pé, hoje já é possível usar essa ferramenta com bases mais sólidas. Pesquisas mostrando seu valor terapêutico têm sido feitas em vários países, ao ponto de a Organização Mundial da Saúde elaborar uma lista de mais de 40 doenças tratáveis pela acupuntura ainda em 1979.

Agora, um estudo feito em ratos por pesquisadores da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) revela que a eletroacupuntura (estimulação elétrica através das agulhas nos pontos de acupuntura) mostrou-se eficaz no combate à depressão. Embora a pesquisa tenha sido feita apenas em animais, os efeitos antidepressivos da técnica impressionam. Justamente porque a maioria dos trabalhos conhecidos até o momento foi feita em humanos e as pesquisas clínicas deixam a desejar: muitas não incluem grupos-controle adequados e questões éticas limitam a investigação.

O grupo da Unifesp usou grupos-controle bem fundamentados para determinar se a eletroacupuntura exerce, ou não, algum efeito do tipo antidepressivo; comparar seus efeitos com um dos antidepressivos mais usados, a imipramina; e investigar se o neurotransmissor serotonina tem importância nesse mecanismo de ação.

Os resultados foram surpreendentes, sobretudo para os mais céticos: a eletroacupuntura promoveu, na mesma intensidade que o medicamento testado, efeitos antidepressivos. Essa ação estaria relacionada, segundo os autores, aos níveis de serotonina no cérebro. O melhor de tudo, leitor, é saber que a técnica milenar chinesa não provoca os desagradáveis efeitos colaterais da imipramina. Agora é esperar por estudos clínicos em humanos adequados para que a acupuntura se torne de fato uma opção para os portadores de depressão que não respondem satisfatoriamente aos medicamentos contra a doença.

*A redação*

**INSTITUTO CIÊNCIA HOJE** • Organização da Sociedade Civil 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, 50 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) e UFF  
**Diretores Adjuntos** • Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF) • Caio Leuwenkopf (Instituto de Física/UERJ) • Franklin Rumjanek (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Maria Lucia Maciel (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais/UFRJ)  
**Superintendente Executiva** • Elisabete Pinto Guedes  
**Superintendente Financeira** • Lindalva Gurfild  
**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/UFF) • Ciências Biológicas – Débora Fogueal (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ)

#### REDAÇÃO

**Editora Executiva** • Alicia Ivanissevich; **Editora Assistente** • Sheila Kaplan; **Editor de Forma e Linguagem** • Cássio Leite Vieira; **Editor de Texto** • Ricardo Menandro; **Setor Internacional** • Cássio Leite Vieira; **Repórteres** • Fred Furtado, Mariana Ferraz e Júlia Faria; **Colaboraram neste número** • Caroline Eidt, Henrique Kugler, Tatiane Leal e Thaís Fernandes; **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@ufpr.br). End.: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Comunicação Social, Rua Bom Jesus, 650, Juvevê. CEP 80035-010, Curitiba, PR. Tel.: (0xx41) 3313-2038. Apoio: Universidade Federal do Paraná

**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 • Fernanda L. Fabres. Telefax: (0xx21) 2109-8960 (fernanda@cienciahoje.org.br)

#### REPRESENTANTES COMERCIAIS

**BRASÍLIA** • Joaquim Barroncas – Tels.: (0xx61) 3328-8046/9972-0741.

**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

## 22 Eletroacupuntura: possível arma contra a depressão?

Em estudo com controles rigorosos, realizado no Brasil, a eletroacupuntura reduziu os efeitos de estados associados à depressão nos animais. O trabalho revelou que tais efeitos estão relacionados aos níveis de serotonina no sistema nervoso central.

Por **Jair G. dos Santos Jr., Fernando Kawano, Márcio M. Nishida, Ysao Yamamura, Luiz Eugênio A. M. Mello e Angela M. F. Tabosa**

## 28 O universo visto através de lentes gravitacionais

Entre as consequências mais espetaculares do desvio da luz pela gravidade estão as lentes gravitacionais. Esse fenômeno é utilizado pelos astrofísicos em diferentes pesquisas, entre elas a observação dos objetos mais distantes do cosmos.

Por **Martín Makler**

## 34 Manguezais: as florestas da Amazônia costeira

O litoral atlântico entre os estados do Pará e do Maranhão exibe o maior cinturão contínuo de manguezais de todo o mundo. Para a maioria dos brasileiros, porém, os mangues existentes na Amazônia ainda são desconhecidos.

Por **Moirah P. M. de Menezes e Ulf Mehlig**





Capa: Imageplus

## 40 Arte e ciência: o cubismo e a teoria da relatividade

As ideias revolucionárias lançadas no início do século 20 por Einstein e outros cientistas influenciaram até as artes plásticas.

Elas foram o estopim para o movimento cubista, que inventou uma estética multidimensional.

Por **José M. Romão da Silva**



### O LEITOR PERGUNTA

- 6 O aparelho de micro-ondas é eficaz para a esterilização de alimentos? E os processos com raios gama ou ultravioleta?
- 6 É verdade que a água gasosa pode aumentar a pressão arterial?
- 7 Como funciona um detector de mentiras?
- 7 Os raios cósmicos de alta energia podem matar um astronauta no espaço?

### ENTREVISTA

- 8 **Artur Avila**  
**A habilidade de transpor conhecimentos**  
Matemático brasileiro fala de seu trabalho e da divulgação da ciência

### MUNDO DE CIÊNCIA

- 12 **Universo acelerado sem energia escura?**  
Nova explicação para o cosmo não depende dessa forma de energia

### A PROPÓSITO

- 21 **Cada macaco no seu galho**  
Proposta uma forma científica de determinar se há raças humanas

### EM DIA

- 46 **Dupla comemoração**  
Fesbe lembra Darwin e celebra avanços na pesquisa biológica
- 49 **Uso sustentável de energia**  
Telhado com plantas permite maior economia de eletricidade
- 50 **Inovação solidária**  
Agência combate Aids, malária e tuberculose em países pobres
- 52 **Seara interativa**  
Estudantes do Ceará ganham espaço de divulgação da ciência
- 54 **Novidade no biodiesel**  
Novos catalisadores podem revolucionar área de biocombustíveis
- 56 **Mirtilo na sobremesa**  
Criadas versões em pó e em passa da 'fruta da longevidade'
- 58 **Cerrado da Amazônia em risco**  
Estudo revela diversidade de áreas amazônicas sem floresta
- 60 **Diagnóstico em uma gota**  
Exame de sangue em papel de filtro é eficaz e mais rápido

### FUTURO CIENTISTA

### MEMÓRIA

- 62
- 63 **Um passo além na biologia**  
Conceito de gene surgiu há 100 anos, iniciando a moderna genética

### RESENHA

- 66 **A pitoresca história da estatística**  
Resenha do livro *Uma senhora toma chá – Como a estatística revolucionou a ciência no século 20*, de David Salsburg

### PERFIL

- 68 **Maria Laura Mouzinho Leite Lopes**  
**Uma realista esperançosa**  
Pioneira da matemática relata trajetória de dedicação à educação

78

### CARTAS

### QUAL O PROBLEMA?

- 79 **Testes para a seleção 3**  
Mais problemas empregados para avaliar capacidade de raciocínio

### SOBRE HUMANOS

- 80 **Do racismo ao racialismo**  
Estatuto da Igualdade Racial pode ter efeito contrário ao pretendido

## ? O aparelho de micro-ondas é eficaz para a esterilização de alimentos? E os processos com raios gama ou ultravioleta?

NILDSON DE ÁVILA SILVA, POR CORREIO ELETRÔNICO

O aparelho de micro-ondas não é eficaz para esterilizar alimentos. Esse equipamento apenas os aquece. A esterilização é a redução de micro-organismos a níveis baixíssimos, o que deve ser feito por empresas especializadas, pois é necessário um controle rigoroso da temperatura e da pressão. A esterilização precisa ser conduzida com bastante rigor, pois, se malfeita, pode causar problemas de saúde. Uma seringa mal esterilizada, por exemplo, pode levar à morte.

É preciso diferenciar esterilização de diminuição de micro-organismos com o objetivo de preservar o alimento por mais tempo. A esterilização é um passo além de simplesmente cozinhar ou diminuir a carga microbiana: é garantir que a possibilidade de o micro-organismo sobreviver seja muito baixa (da ordem de  $10^{-6}$ ). Na verdade, a maior parte dos alimentos que comemos não é esterilizada, mas apenas submetida a mecanismos para reduzir a quantidade de micro-organismos e frear sua reprodução, como a preserva-



ção em geladeira, a secagem e a salga.

A radiação gama pode ser utilizada para esterilizar alimentos, mas ainda não é empregada comercialmente no país. Em geral, essa tecnologia é mais usada para reduzir os micro-organismos e aumentar o tempo de vida dos alimentos nas prateleiras dos mercados. O caso mais usual é a irradiação de temperos.

Os raios ultravioleta também podem ser usados para conter a proliferação de micro-organismos, mas sua penetração é limitada, não vai além da superfície onde incidem. Esse processo também não é utilizado comercialmente no Brasil para esterilizar alimentos.

### Susy Sabato

Centro de Tecnologia da Radiação,  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares,  
Comissão Nacional de Energia Nuclear (SP)

## ? É verdade que a água gasosa pode aumentar a pressão arterial?

CYNTHIA V. SOLDANI, SÃO PAULO/SP



Não. A água gasosa contém sódio, mas em muito pouca quantidade. Embora a ingestão de sal (cloreto de sódio – NaCl) seja importante fator no desenvolvimento da hipertensão arterial, os seres humanos precisam consumir de 2 a 4 gramas de sódio por dia. Assim, para que a água gasosa aumentasse a pressão, seria necessário o consumo de uma quantidade muito grande dessa bebida.

Vale ressaltar que 77% do sal que consumimos vêm dos alimentos industrializados. Os mais importantes em quantidade de sal são os enlatados e os embalados com sal em recipientes de vidro (como, por exemplo, azeitonas, palmito, maionese, ketchup, mostarda etc.), os embutidos (salame, salsicha, presunto etc.), queijos e pães.

A água com gás, desse modo, não é uma preocupação dos clínicos nas orientações aos hipertensos.

### Celso Amodeo

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia (São Paulo/SP)

## ? Como funciona um detector de mentiras?

IARA VIEIRA, POR CORREIO ELETRÔNICO

O que habitualmente se chama de 'detector de mentiras' é, na verdade, um polígrafo. O polígrafo é um aparelho que registra simultaneamente diversas respostas psicofisiológicas, tais como pressão arterial, batimento cardíaco, fluxo e ritmo respiratório, condutividade da pele, temperatura corporal, microvariações da onda glotal (tremores vocais) etc. Teoricamente, o polígrafo, ao registrar alterações provocadas pelo sistema nervoso simpático (ou seja, não passíveis de controle voluntário), seria capaz de verificar se a pessoa submetida ao exame está mentindo. O pressuposto é que o sujeito, ao mentir, sofreria modificações em alguns dos parâmetros aferidos pelo aparelho.

Na avaliação, o examinador faz algumas perguntas de controle, ou seja, perguntas cujas respostas são necessariamente verdadeiras, de modo a calibrar o sistema para uma posição 'neutra'. Na teoria, se alguma pergunta de interesse tem uma resposta que provoque alterações importantes nos parâmetros medidos pelo polígrafo (isto é, se a resposta se desvia da posição 'neutra'), então é porque o examinado deve estar mentindo.

A validade dos testes com polígrafos, no entanto, é bastante controversa. O fato é que não é certo que todas as pessoas reajam da mesma forma ao mentir. Alguns criminosos psicopatas, por exemplo, não apresentam variações significativas ao mentir (é mesmo possível que, em algumas perturbações mentais, o doente nem tenha consciência de que está mentindo). Além disso, sabe-se que um treinamento adequado permite que a pessoa simule respostas psicofisiológicas 'estressadas' mesmo quando fala a verdade, o que desorienta totalmente a avaliação. Diz a lenda que alguns agentes secretos são assim treinados, de modo a poderem mentir caso sejam capturados. Por causa das suas limitações, o 'detector de mentiras' é empregado com muita cautela. Nos Estados Unidos, onde é mais usado, só tem valor indicial, não podendo ser usado como prova.

### Ricardo Molina de Figueiredo

Instituto de Pesquisa em Som, Imagem e Texto,  
Faculdade de Ciências Médicas,  
Universidade Estadual de Campinas (SP)

## ? Os raios cósmicos de alta energia podem matar um astronauta no espaço?

TERESA FERNANDES, RESENDE (RJ)

Podem, mas a probabilidade de isso acontecer é muito pequena, tão pequena que não deve preocupar os planejadores de viagens espaciais. É muito mais alta, por exemplo, a probabilidade de ser atingido por um micrometeorito com energia suficiente para matar um astronauta.

Os raios cósmicos de baixa energia, que estão por toda parte, porém, são um problema muito sério para as viagens longas, como uma possível viagem para Marte.

Uma pessoa na superfície da Terra recebe uma radiação de origem cósmica constante, algo como uma dezena de raios por segundo atravessando seu corpo. Essa radiação é bastante inócua. No entanto, o fluxo da radiação no espaço é muito maior e potencialmente mais perigoso. Perto da Terra, o campo magnético atenua esse fluxo. Longe, o seu efeito é mais sério.

Raios cósmicos de origem galáctica, com energias de alguns gigaelétron-volts por núcleos, são bastante abundantes e oferecem mais perigo para seres vivos, danificando genes e células. O efeito acumulado desses danos pode inviabilizar as viagens interplanetárias, a menos que sejam desenvolvidos meios de proteger os astronautas.

### Ronald Cintra Shellard

Centro Brasileiro  
de Pesquisas Físicas (RJ)



CARTAS À REDAÇÃO

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

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

# A HABILIDADE DE TRANSPOR CONHECIMENTOS



Artur Avila tinha 16 anos quando recebeu a medalha de ouro na Olimpíada Internacional de Matemática. Terminava o ensino médio no ano em que ingressou no mestrado do Instituto de Matemática Pura e Aplicada (Impa). Na véspera de defender sua tese de doutorado na mesma instituição, foi à Universidade Federal do Rio de Janeiro fazer a última prova do bacharelado em matemática. Nessa época, já se preparava para um pós-doutorado no Collège de France. Em seguida, ingressou no Centro Nacional de Pesquisa Científica (CNRS, na sigla em francês), onde foi o mais jovem a se tornar diretor de pesquisa, cargo que acumula atualmente junto com o de pesquisador do Impa.

Mesmo acostumado aos sobressaltos de sua precoce carreira, o matemático brasileiro, hoje com 30 anos, foi pego de surpresa ao receber o convite para proferir uma conferência plenária no Congresso Internacional de Matemática, em agosto de 2010, na Índia. Embora tenha recebido premiações importantes – Salem em 2006, Prêmio da Sociedade Matemática Europeia em 2008 e Grand Prix Jacques Herbrand da Academia de Ciências da França em 2009 –, este é o maior reconhecimento de seu trabalho até aqui. Do Brasil, apenas Marcelo Viana, também do Impa, já passou pela experiência.

Nesta entrevista, Avila fala sobre seus estudos em sistemas dinâmicos e sobre como tem conseguido transpor seus conhecimentos nessa área para outros campos da matemática. Ele discute também o papel da boa divulgação científica, que poderia levar, a seu ver, a um melhor conhecimento e a um maior interesse pela profissão.

**Artur Avila**

**Carla Almeida**

Especial para *Ciência Hoje*/RJ

### Como recebeu o convite para proferir uma conferência plenária no evento mais importante da matemática?

Alguns colegas matemáticos diziam que eu provavelmente seria convidado para falar no congresso. Parecia natural, pois havia obtido vários resultados importantes. Mas, pelo perfil dos conferencistas que costumam participar desses eventos – em geral, matemáticos em fase mais avançada da carreira –, eles esperavam que eu fosse convidado para participar de uma sessão paralela. Eu também. Por mais que tenha feito trabalhos relevantes, sei que há uma longa lista de pessoas que mereciam ser convidadas. Portanto, não era algo esperado. Naturalmente, fiquei bastante feliz. É uma grande oportunidade, mas também uma responsabilidade imensa falar para tantas pessoas e conseguir fazer com que elas tirem proveito da conferência.

### Sobre o que será a conferência?

Transito por áreas bastante diferentes, que não necessariamente caberiam na mesma palestra. Eu poderia falar sobre uma delas, mas minha ideia é tentar traçar um fio condutor que ligue essas áreas, até para mostrar que, embora pareçam distintas, elas podem ser vistas por um mesmo ângulo. Nesse caso, pelas mesmas leis que regem os sistemas dinâmicos, que é o grosso do meu trabalho. Há alguns conceitos em sistemas dinâmicos que podem ser aplicados em situações diversas. Quero mostrar que é possível fazer avanços significativos transferindo o que se aprendeu ou se descobriu em uma área para outra. Isso acontece comigo com frequência. Como não vou poder entrar em muitos detalhes sobre as diferenças entre as áreas às quais me dedico, posso pelo menos falar sobre o que há de similar entre elas.

### Poderia falar um pouco sobre essas áreas?

As três áreas em que venho trabalhando são dinâmica unidimensional, operadores de Schrödinger quase periódicos e fluxo de Teichmüller. Em dinâmica, estuda-se o comportamento de um sistema que evolui com o tempo. Mesmo se o que ocorre com o sistema em um curto período pode ser descrito por uma expressão simples (como uma função quadrática, que é estudada no ensino fundamental), seu comportamento de longo prazo pode ser extremamente complexo. Em particular, pequenas variações no estado inicial do sistema podem aumentar rapidamente e ter grandes consequências. Isso dificulta ou impossibilita previsões determinísticas, mas é possível, em geral, fazer uma descrição muito efetiva desse sistema usando a probabilidade. Os meus primeiros trabalhos foram dedicados ao estudo das leis probabilísticas que emergem da

iteração de funções, como as quadráticas. Como o estado do sistema é descrito a todo momento pela mesma variável, trata-se de um problema de dinâmica unidimensional.

Depois, me interessei por um objeto que vem da física, um operador de Schrödinger. Nesse modelo quântico, o conjunto das energias fisicamente possíveis corresponde ao espectro do operador, cuja matemática em si é interessante. Embora não seja propriamente um sistema dinâmico, há uma dinâmica associada, um ciclo quase periódico, que dá muita informação sobre problemas espectrais.

Já outro aspecto do meu trabalho tem a ver com sistemas particularmente simples. Para dar uma ideia de como sistemas simples podem ser complicados, costumo usar o exemplo do baralho. Quando você corta o baralho em dois, embora a carta que estava em cima mude de lugar, a ordem cíclica das cartas não se altera. Agora, considere uma situação em que você corta o baralho em quatro e depois monta o bolo ao contrário. Isso foi mais eficiente do que fazer só um corte? Alguma ordem está sendo preservada neste caso? Trabalho em cima de questões como essas, sendo que o ‘meu baralho’, para continuar usando a mesma analogia, tem um número infinito de cartas, o que traz muito mais com-

**Embora a matemática tenha se tornado cada vez mais útil, ela avança independentemente dessa utilidade imediata**

plexidade para o problema. Embora não seja um sistema dinâmico caótico, existe um por trás, ligado ao fluxo de Teichmüller, que permite a introdução de técnicas probabilísticas no seu estudo. O fluxo de Teichmüller é um operador de renormalização, uma dinâmica no espaço dos sistemas dinâmicos que relaciona o comportamento do sistema em diferentes escalas. Também no caso das funções quadráticas e dos ciclos quase periódicos, muito da análise envolve o estudo da metadinâmica de operadores de renormalização. É por meio da renormalização que pretendo ligar essas três áreas na minha palestra.

### Qual a vantagem de usar a probabilidade quando o que se busca é a certeza?

Acontece muito de os sistemas determinísticos serem complicados demais para tratá-los como tais. Às vezes, tratando-os como sistemas probabilísti- ▶

cos, é possível obter informações úteis sobre seu comportamento. Por exemplo, num jogo de cara ou coroa, embora não seja possível saber se a próxima moeda vai ser cara ou se vai ser coroa, é possível dizer com grande segurança que, se eu jogar mil vezes a moeda para cima, o número de caras vai estar entre 450 e 550. Saber que um sistema funciona como um jogo de cara ou coroa pode ser muito útil, pode ajudar as pessoas a tomarem decisões corretas. Saber, por exemplo, que a Mega-Sena é totalmente aleatória preveniria as pessoas de ficar tentando descobrir um meio de acertar os números.

### **Já usou o seu conhecimento matemático para algum trabalho aplicado às ciências?**

Não exatamente, mas uma vez fui contatado por um pesquisador francês que trabalhava com neurônios. Alguns aspectos do comportamento dessas células podiam ser abstraídos em modelo aparentemente simples, e o problema era entender o comportamento de longo prazo. Resolvemos começar a discussão, naturalmente, com o modelo mais simples que aparecia, mas não foi difícil perceber que não seria possível falar nada de muito rigoroso a respeito do sistema dinâmico que resultava. Por outro lado, pudemos fazer algumas considerações sobre o que esperávamos que acontecesse. Mas, em geral, me mantenho distante da parte aplicada da matemática. Não tenho muito interesse pela utilidade do que faço. Gosto da matemática abstratamente.

### **Como costuma encarar o 'embate' entre conhecimento puro e aplicado?**

Acontece muito de amigos me perguntarem para que serve o meu trabalho. Embora a matemática tenha se tornado cada vez mais útil, ela avança independentemente da utilidade imediata. A aplicação e a utilidade não são as principais motivações envolvidas e, sim, o conhecimento em si. Mas o conhecimento acaba sendo útil à revelia de quem esteja por trás dele. A descoberta de uma pessoa acaba afetando o trabalho de outra, que tem impacto no estudo de outra. E, às vezes, dá-se um salto. De repente, o que um pesquisador fez aqui e agora é imediatamente usado em uma aplicação prática. Eu aceito que pensar na aplicação não é a minha parte, mas não teria nada contra se um dia meus resultados fossem úteis para alguma coisa.

### **Você passa metade do ano no Brasil e metade na França. Além disso, viaja muito por conta dos eventos matemáticos internacionais. Há uma rotina de estudos? Como consegue produzir tanto em meio a esse 'caos'?**

Após alguns anos de experiência, aprendi que não devo me preocupar em manter uma atividade pro-

ductiva constante. Há momentos em que emperramos em algum problema e passamos bastante tempo nessa situação. Como isso já aconteceu várias vezes comigo, não me preocupo mais tanto. Mas há momentos em que trabalhamos obsessivamente, 16 horas por dia, sem parar no final de semana. Da mesma forma que é inútil se forçar a trabalhar quando as coisas não estão fluindo, é desejável não parar quando estão caminhando bem. Gosto muito de pensar sobre os problemas à noite. Quando estou no Impa ou em outros lugares, é muito difícil me concentrar. Sempre aparece algo para resolver, alguém para conversar... há tantas possibilidades que acaba não sendo muito eficiente. Antes de dormir, sem luz, posso pensar com mais tranquilidade. Além disso, o fato de não ter papel força o trabalho concentrado. Por outro lado, comer me atrapalha bastante. Se eu almoçar, não trabalho bem. O sangue vai todo para a digestão e não sobra nada para o cérebro. O que costumo fazer, e certamente não é muito saudável, é pular uma refeição. Outro aspecto é que gosto muito de conversar e esse é o lado positivo de estar em um ambiente de pesquisa. Gosto de escrever artigos em colaboração com outros matemáticos. Acredito que o ato de conversar, mesmo sobre algo que já tenha pensado bastante, pode levar a descobertas rápidas. A interação é bastante construtiva. Também tenho feito muitas colaborações pelo sistema de mensagens instantâneas na internet. É uma troca rápida, mas só o fato de alguém propor algo diferente pode levar a uma corrente de ideias novas. No meu trabalho, há o aspecto de estar em um ambiente de interação com uma ou mais pessoas, mesmo à distância, e o do ambiente solitário.

### **A seu ver, por que são poucas as pessoas que decidem se especializar em matemática?**

Talvez o problema esteja na escola, que não desperta o interesse dos alunos pela matemática. Nas aulas, os professores costumam falar sobre um monte de regras abstratas e depois aplicar aos alunos uma série de exercícios repetitivos. Na primeira série, os alunos fazem uma centena de adições; mais tarde, uma centena de multiplicações; depois, uma centena de equações de segundo grau... Isso é muito chato. No meu caso, houve uma mudança grande quando comecei a participar das olimpíadas de matemática. Os problemas eram formulados de forma mais instigante, como se fossem quebra-cabeças. Fiquei bem mais entusiasmado. As pessoas também devem saber que a matemática da escola é muito diferente da matemática que se faz depois. Eu, por exemplo, não fico olhando para equações o dia todo. Quando penso em matemática, penso de maneira geométri-

ca, em formas, tento visualizar o que acontece. Claro que sei que há equações por trás do que estou visualizando, mas não fico pensando em um monte de fórmulas. As pessoas podem imaginar que o matemático fica resolvendo uma integral mais difícil do que a outra para o resto da vida. Isso seria realmente muito chato. Mas as coisas ficam mais divertidas à medida que começamos a colocar a criatividade para funcionar. Por outro lado, por mais diferente que seja a matemática do nível escolar e a matemática mais avançada, o professor pode e deve fazer um esforço para apresentar isso de uma forma interessante. Creio que se perdem muitas vocações, o que resulta de uma falta de exposição aos aspectos interessantes da matemática.

**Em geral, para aqueles que não se especializam em matemática ou em áreas afins, é difícil entender essa linguagem. Por que isso acontece?**

Não diria que isso é uma característica única da matemática. Se alguém que goste de música quiser tocar flauta, terá que se esforçar para aprender a linguagem musical. Talvez uma diferença importante entre a matemática e outras áreas é que, para entender matemática, é preciso fazer matemática em algum nível. É preciso fazer os exercícios. Não faz sentido apreciar um teorema como se aprecia um livro. É necessário refazer você mesmo parte do caminho que leva ao teorema. É um investimento grande no início, mas depois vai ficando mais fácil.

**Livros, filmes e outros meios de divulgação científica podem ajudar a compreender melhor a matemática?**

Até certo nível, creio que sim. Algumas coisas interessantes são simples e podem ser explicadas, como as questões ligadas ao teorema de Gödel, que revolucionou a matemática deste século. Nesse caso, pode-se desenvolver toda uma discussão fundamental a partir de uma anedota sobre um sujeito que afirma “eu sempre minto”. Essa abordagem é seguida, por exemplo, em *Gödel, Escher, Bach: um entrelaçamento de gênios brilhantes*, de Douglas Hofstadter, um livro muito interessante. Outro livro bom de divulgação matemática é *Uma mente brilhante*, de Sylvia Nasar, embora o filme seja uma porcaria. A história de Nash é extremamente interessante, mas ele está longe de ser um personagem simpático ao grande público norte-americano. Hollywood resolve isso ‘apagando’ os aspectos desagradáveis. Sua história familiar é higienizada a ponto de ignorarem seu primeiro filho, com o qual não se relacionava bem. No final, sobra só uma caricatura. Outro filme horrível é *Gênio indomável*, que passa uma imagem com-

pletamente equivocada da matemática e dos matemáticos. No filme, a matemática é esvaziada de interesse próprio e reduzida a uma disputa entre quem vai resolver o teorema primeiro, quem vai ficar famoso e ganhar o cargo cobiçado. Não tem nada a ver com o que acontece de fato. Não se faz matemática sem uma genuína curiosidade pelos objetos estudados. Levado a sério, é simplesmente nocivo para a imagem da matemática. Se fosse como é retratada, dificilmente alguém iria querer se dedicar a ela.

**Qual seria, então, a importância de uma boa divulgação da matemática?**

A divulgação pode atuar em diferentes frentes. Primeiro, ela pode mostrar que a matemática é uma atividade interessante e relevante. Quando eu era pequeno, por exemplo, eu comprava qualquer revista que tivesse ciência no nome, porque elas davam a impressão de que a ciência era algo interessante. Outra função importante é identificar vocações. As pessoas interessadas e que têm vocação para o trabalho matemático precisam ser expostas e estimuladas. Não sei o que teria acontecido comigo se não fossem as olimpíadas de matemática. Eu possivelmente não teria tido contato com o Impa e não sei o que estaria fazendo agora. As olimpíadas têm uma

**Acho essencial, não só para o desenvolvimento do país, mas sobretudo para o engrandecimento da sociedade, considerar a busca pela compreensão do mundo uma ocupação importante**

ação importante de divulgação; elas atingem um público grande e motivam as pessoas interessadas. Por fim, acho essencial, não só para o desenvolvimento do país, mas sobretudo para o engrandecimento da sociedade, considerar a busca pela compreensão do mundo uma ocupação importante. Acho perigoso quando as preocupações se voltam muito para o lado financeiro e material das coisas. Fico chateado quando vejo pessoas com vocação desistirem da matemática por achar que ela não dá o retorno financeiro desejado. Portanto, a divulgação também pode desempenhar papel importante ao fazer com que as pessoas conheçam melhor a comunidade matemática e como ela funciona. A matemática abrange pessoas de todos os tipos, com perspectivas muito diferentes. É uma vida de liberdade, aberta a várias escolhas. Os matemáticos, em geral, estão muito satisfeitos com o trabalho. É uma excelente profissão! ■

# Universo acelerado sem energia escura?

Há cerca de 10 anos, resultados baseados nas observações de estrelas que chegavam ao final da vida mostraram que o universo não só estava se expandindo, mas fazia isso de modo acelerado. Foi uma descoberta classificada como revolucionária. Esses resultados levaram boa parte dos cosmólogos a admitir que cerca de 70% do universo eram formados pela chamada energia escura, cuja natureza ainda é desconhecida. De lá para cá, muita pesquisa foi feita sobre o assunto.

Agora, dois pesquisadores norte-americanos apresentam um modelo de universo acelerado que dispensa a existência dessa misteriosa forma de energia. Os resultados estão em *Proceedings of the National Academy of Sciences* (v. 106, pp. 14.213-14.218, 2009).

A observação de que o universo está em expansão, feita pelo astrônomo norte-americano Edwin Hubble (1889-1953), em 1929, é considerada um dos principais marcos da história do pensamento humano. Esse resultado trouxe a cosmologia para o campo das ciências físicas: estavam confirmadas as surpreendentes previsões teóricas do cosmólogo russo Alexander Friedmann (1888-1925) feitas em 1922, baseadas na teoria da relatividade geral, do físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955). Nelas, Friedmann sugeria a expansão do espaço tridimensional cosmológico, que carregaria consigo todas as galáxias nele inseridas – algo que espantou o próprio Einstein.

Hubble mediu também a velocidade com que o espaço se expandia. Desde então, as medidas dessa expansão foram sendo refinadas, e esperava-se que pudessemos não só obter sua velocidade com maior precisão, mas também sua aceleração. O quadro na mente de todos os cosmólogos era o de um universo se expandindo devido à ocorrência de uma grande explosão no passado, mas que estivesse desacelerando devido à atração gravitacional existente entre os constituintes do universo: afinal, em nossa experiência cotidiana, percebemos que a força gravitacional entre a matéria usual é sempre atrativa.

Para medir essa aceleração (ou desaceleração, como se esperava), precisava-se medir o afastamento de galáxias muito mais distantes (e, portanto, mais afastadas no tempo, pois a luz que elas nos emitem demora mais para nos alcançar). Isso foi obtido por meio da observação, nessas galáxias, da ocorrência de supernovas (explosão altamente luminosa de estrelas bastante massivas no estágio final de sua evolução). O resultado dessa medida foi altamente surpreendente e primeiramente divulgado em 1998: o universo está se acelerando e não desacelerando!

A primeira explicação proposta para esse resultado foi sugerir a existência de um tipo de energia – dominante no universo atual e totalmente diferente daquela que estamos acostumados a observar – que exerceria uma força gravitacional repulsiva, causando essa aceleração. Como não podemos enxergar essa energia, deu-se a ela o nome de energia escura. Vários candidatos a energia escura foram propostos: constante cosmológica, quintessência, campo fantômico etc. Nenhum deles com motivação teórica convincente.

A seguir, pensou-se que a relatividade geral clássica estaria errada nas escalas de distância em que essa aceleração se observa. Foram, então, propostos vários tipos de generalização dessa teoria; a existência de dimen-

sões espaciais, além das três que observamos; efeitos quânticos em larga escala etc. Essas modificações também parecem arbitrárias e pouco convincentes.

Finalmente, pensou-se em uma explicação mais conservadora, mas nem por isso menos desafiadora. Na verdade, não haveria problema algum com a relatividade geral, nem existiria energia escura. O problema estaria em assumir que o complexo universo no qual vivemos hoje possa ser representado, mesmo em largas escalas, por um modelo tão simples como o que Friedmann propôs: i) com uma distribuição homogênea de massa; ii) com as mesmas propriedades em todas as direções (ou, dito mais tecnicamente, isotrópico).

Devemos, então, procurar soluções mais elaboradas e complexas das equações da relatividade geral que levem em conta o fato de o universo não ser homogêneo hoje. É nessa linha de raciocínio que Blake Temple, da Universidade da Califórnia, e Joel Smoller, da Universidade de Michigan, também nos Estados Unidos, propuseram um conjunto de soluções das equações da relatividade geral que contém a solução de Friedmann como um caso particular – ou seja, a de um universo homogêneo e isotrópico. Os desdobramentos desses cálculos levaram a termos matemáticos suplementares nas equações propostas por Friedmann que in-

duzem uma aparente aceleração do universo, sem a necessidade de nenhuma energia escura.

O trabalho de Temple e Smoller ocorre paralelamente a outras tentativas de investigar e explicar a aceleração do universo. Esse tipo de linha de investigação é recente e envolve um aprofundamento do estudo de certos aspectos das equações da relatividade geral até então pouco explorados, devido à grande complexidade matemática deles e à consequente dificuldade de aplicá-los à cosmologia.

Qual dessas abordagens poderá responder satisfatoriamente à questão levantada pela surpreendente observação de 1998?

Por enquanto, a hipótese mais investigada e aceita é a da existência da energia escura, pois indicações de sua existência aparecem indiretamente em dados observacionais relativos à radiação cósmica de fundo (um ‘eco’ do universo primordial) ou à evolução de estruturas no universo (galáxias, aglomerados de galáxias etc.).

A nova linha de investigação para a qual contribuiu o trabalho de Temple e Smoller vem atraindo vários cosmólogos, entre outras coisas por uma razão simples: sabe-se que o tempo que o universo levou para se acelerar não é muito diferente daquele que ele levou para formar suas grandes estruturas. E essa coincidência de escalas temporais,

denominada coincidência cósmica, não aparece naturalmente nos modelos de universo em que a aceleração é explicada com base na energia escura. Entretanto, na linha de investigação de Temple e Smoller, essas escalas temporais são próximas, porque os novos termos matemáticos propostos – os que induzem a aceleração do universo – aparecem justamente por causa do surgimento dessas grandes estruturas: a coincidência cósmica estaria então naturalmente explicada.

Mas é preciso lembrar que abordagens como a de Temple e Smoller terão necessariamente que explicar dados observacionais relativos à radiação de fundo e à evolução de estruturas no universo. Ou seja, teoria e observação terão que coincidir.

De qualquer forma, o mistério envolvendo a observação de 1998 só poderá ser resolvido com muito trabalho teórico, para obter novas previsões, e com boa dose de esforço observacional, para testá-las, como o que será feito no projeto Dark Energy Survey, do qual participa o Instituto de Cosmologia, Relatividade e Astrofísica, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.

#### **Nelson Pinto Neto**

*Instituto de Cosmologia,  
Relatividade e Astrofísica,  
Centro Brasileiro de Pesquisas  
Físicas (R)*

**BIOLOGIA Método promete prevenir transmissão hereditária de doenças de mães para filhos**

## SEM A HERANÇA MATERNA

Técnica desenvolvida nos Estados Unidos poderá evitar transmissão de doenças genéticas de mães para filhos. Os resultados podem chegar às clínicas de fertilização, dizem os autores do estudo, em poucos anos.

Cada célula tem sua fábrica de energia, a mitocôndria, que carrega seu próprio DNA (material genético), o mtDNA. A peculiaridade desse DNA é que ele é herdado só da mãe. Razão: quando o esperma fecunda o óvulo, a mitocôndria já está dentro deste último. Até aqui, pura biologia celular. O problema é quando o mtDNA é defeituoso. Hoje, são conhecidos cerca de 150 defeitos desse material genético que causam doenças. Incuráveis. Itens da longa lista: cânceres, doenças cerebrais e cardíacas, cegueira, surdez, problemas no fígado, tipos de diabetes. Uma em cada 200 crianças nasce com uma dessas doenças.

Para evitar essa transmissão hereditária, a equipe de Shoukrat Mitalipov, do Centro Nacional de Pesquisa com Primatas do Oregon (Estados Unidos), aplicou método semelhante àquele geralmente usado para gerar clones. Mas com variações importantes.

A sequência de procedimentos: extraiu-se o material genético de um óvulo (que, hipoteticamente, teria o mtDNA defeituoso) para enxertá-lo em outro, saudável. Soa fácil para a tecnologia atual, mas deu trabalho. Foi necessário desenvolver procedimentos especiais para ‘caçar’ – sem danificar – os vários filamentos de material genético (cromossomos) que flutuavam na ‘sopa’ (citoplasma) que preenche as células (no caso, um óvulo). Mais importante: essa

pescaria genética não podia fisgar nenhum mtDNA. Nem o menor resíduo, pois isso representaria o perigo de a doença ser transmitida para a prole.

Feito isso, o material genético foi injetado em um óvulo sem núcleo, que foi fecundado. Obtiveram-se com o método 15 embriões. Dos nove implantados, nasceram três filhotes. Saudáveis e brincalhões, segundo os autores.

### Excelente, mas...

O avanço foi elogiado por especialistas. Mas há críticas e limites. A técnica não pode fazer nada por quem já carrega a doença. Pesquisadores disseram que a técnica, em função de sutilezas, ficará restrita só a laboratórios – ou seja, dificilmente chegará às clínicas de fertilização.

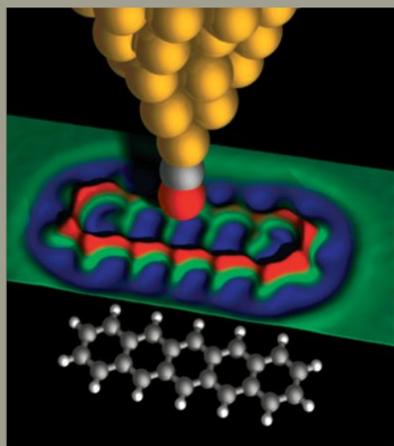
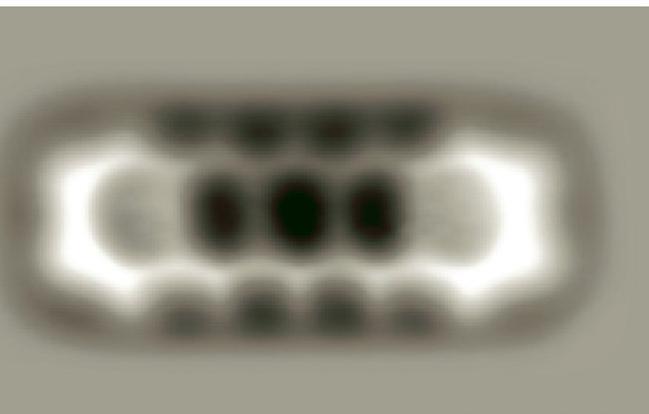
Aparentemente, a transferência do DNA nuclear não levou consigo contaminações de mtDNA – o que seria mais perigoso que a situação em que ocorresse cruzamento natural, pois o DNA mitocondrial se fixaria em poucos órgãos. E ninguém sabe as consequências disso. Não foram feitos testes de DNA em todos os tecidos dos filhotes. Portanto, não há resposta para isso. Especialistas também alertam para outro fato: podem ocorrer interações desconhecidas entre o DNA nuclear e o mitocondrial.

Cabe bem o chavão futebolístico: a nova técnica é uma caixinha de surpresas. Se boas ou ruins, só mais pesquisas dirão.

*Nature*, 17/09/09

**Os filhotes de macaco *rhesus* Mito e Tracker, nascidos de óvulos reconstruídos para evitar transmissão do material genético mitocondrial**





Pentaceno (acima), na imagem mais bem detalhada feita até hoje de uma única molécula. Ao lado, a ponta do microscópio de força atômica – com a molécula de monóxido de carbono (esferas cinza e vermelha) na extremidade – desloca-se sobre o pentaceno

## NANOTECNOLOGIA

### IMAGEM MOLECULAR

No futuro, é possível que os livros de química não tragam mais aqueles desenhos mostrando como os átomos de uma molécula se distribuem e se ligam. Talvez, eles sejam substituídos por fotos. Como a que está aí acima.

A proeza é de pesquisadores da empresa norte-americana IBM, feita com ajuda do chamado microscópio de força atômica, cuja ponta, finíssima, havia capturado uma molécula de monóxido de carbono (veja o destaque). Com esse binômio 'ponta + molécula', eles fizeram a varredura de outra molécula, bem maior, a de pentaceno, que aparece na imagem. Dá para ver as ligações entre cinco átomos de carbono, que formam cinco anéis. Até as ligações do carbono com os átomos de hidrogênio podem ser vistas.

A imagem, apesar de um feito em si, é o resultado de uma técnica que irá permitir, segundo os autores, a produção de componentes eletrônicos moleculares e a construção sob medida de moléculas para medicamentos.

*Science*, 28/08/09

## SINTONIA FINA

A inteligência dos cães foi posta a limpo em palestra de Stanley Coren, grande especialista no assunto, na última convenção anual da Sociedade Norte-americana de Psicologia. Nossos melhores amigos podem entender mais de 150 palavras; resolver problemas complexos (como operar máquinas); entender o significado de palavras e conceitos simbólicos (por vezes, só de escutar humanos falando). Mais surpreendente: podem contar até quatro ou cinco e perceber erros do tipo  $1 + 1 = 1$  ou  $1 + 1 = 3$ . Segundo Coren, pesquisador da área de neuropsicologia da Universidade da Colúmbia Britânica (Canadá), cães têm a inteligência de crianças de 2 a 2,5 anos de idade. Podem até enganar humanos e outros cachorros. Basicamente, os cães têm três tipos de inteligência: 1) instintiva (caçar, vigiar etc.); 2) adaptativa (adaptação ao meio); 3) trabalho e obediência. A última é semelhante ao aprendizado escolar. E nela, nem todas as raças são iguais. Lista feita por especialistas declara o mais inteligente: o *border collie*, aquele simpático e ágil cão do filme *Babe, o porquinho atropelado*. A lista (em inglês) das sete raças mais inteligentes está em <http://www.apa.org/releases/dogs-think.html>.

**Border collie,**  
o primeiro na lista  
de inteligência



SINTONIA FINA

**Pegue uma das notas de real** em seu bolso ou carteira. Sabe o que provavelmente há nela? Cocaína. Análise feita por pesquisador norte-americano indicou que 80% delas tinham resíduos da droga. Além dessas, cerca de 90% de 234 notas de dólar norte-americano, coletadas em 18 cidades, estavam contaminadas. Foram também analisadas notas do Canadá, China e Japão. Estes dois últimos países tiveram os menores percentuais: respectivamente, 20% e 12%. Nas notas canadenses, houve 85% de contaminação, mas, em algumas delas, foram encontradas as maiores quantidades da droga: 2.350 microgramas (equivalentes a quase 100 grãos de areia). Nos Estados Unidos, as notas com maior quantidade de cocaína eram as de US\$ 5, US\$ 10 e US\$ 20. As menos contaminadas eram as de US\$ 100 e US\$ 1. Possível explicação: estas últimas não são muito usadas para comprar a droga. O autor, Yuegang Zuo, da Universidade de Massachusetts, em Dartmouth (Estados Unidos), diz que a contaminação pode ter sido direta (uso da nota para cheirar cocaína) ou indireta (contato com nota contaminada).



ANTROPOLOGIA EVOLUCIONÁRIA

DAS ÁRVORES PARA O CHÃO

Nossos ancestrais começaram a se movimentar pelo chão como os gorilas, apoiando os punhos cerrados no solo? Ou desceram das árvores e passaram a andar sobre as duas pernas?

Até agora, o primeiro modelo era o mais aceito. Mas os autores de artigo recente dizem que, com a quantidade de dados que coletaram, não há dúvidas: viemos das árvores. Lá, nas alturas, ensaiamos os primeiros passos sobre os troncos, ainda com as mãos agarradas a galhos.

Em trabalho de campo, Tracy Kivell, da Universidade Duke (Estados Unidos), percebeu que os gorilas, chimpanzés e bonobos se movimentam de modo diferente. Nos primeiros, o punho fechado, alinhado com o antebraço, toca o chão verticalmente, como se estivesse caindo. Os dois últimos – nossos parentes mais próximos – usam o punho dobrado para trás, flexibilidade que é boa para se movimentar nas árvores, onde eles passam parte do dia.

**Gorila e seu modo de se movimentar com os punhos cerrados**



Ao examinar cerca de 100 ossos do punho de jovens e adultos dessas três espécies, Kivell percebeu que chimpanzés e bonobos têm aí um tipo de trava, para evitar que o pulso se dobre demais.

Segundo Kivell e seu colega Daniel Schmitt, também da Duke, a observação de mais dados anatômicos não deixa dúvidas: nosso ancestral comum desceu das árvores há uns 7 milhões de anos e passou a andar com postura ereta. Segundo eles, nenhum fóssil ligado diretamente à linhagem humana apresenta as características de ter andado com os punhos no chão, o que reforça a hipótese da dupla.

Críticos dizem que características da anatomia humana indicariam o andar com os punhos. Os autores respondem: lêmures – aqueles primatas engraçados e festeiros do desenho ‘Madagascar’ – têm essas mesmas características, mas não andam com os punhos. Por sinal, eles são bem ágeis nos galhos.

PNAS, 10/08/09

WIKIMEDIA COMMONS

## FÍSICA

## PASSADO SEM RASTRO

Um físico diz ter explicado por que não observamos o café esquentando sozinho, uma xícara espatifada no chão voltar a se reconstruir ou o leite derramado voltar para dentro do copo.

A resposta para essas questões tem a ver com o chamado paradoxo da seta do tempo, debatido desde o século 19. Ou seja, por que o tempo não anda para trás. Isso, por sua vez, está relacionado à entropia, grandeza física que pode ser entendida como o grau de desorganização de um sistema. Segundo uma lei fundamental (e implacável) na natureza, a entropia nunca diminui. Assim, a xícara quebrada tem entropia (desorganização) maior do que a intacta. Juntar-se sozinha e voltar a ser o que era violaria aquela lei da natureza (a segunda lei da termodinâmica).

Agora, o físico italiano Lorenzo Maccone diz ter explicado por que não vemos esses fenômenos em nosso dia a dia. A resposta: sim, a entropia pode diminuir – heresia, para muitos –, mas o problema é que os fenômenos em que isso ocorre não deixam rastro. Eles destruiriam todas as evidências de que tenham ocorrido – como um tipo de crime perfeito.

O problema é que a física não pode estudar esses eventos, porque eles apagam toda a informação de sua existência, inclusive a memória do observador. Portanto seria como se o fenômeno nunca tivesse existido.

O autor diz que suas ideias podem ser testadas. Mas, para isso, as técnicas experimentais terão que avançar bastante.

*Physical Review Letters*, 21/08/09

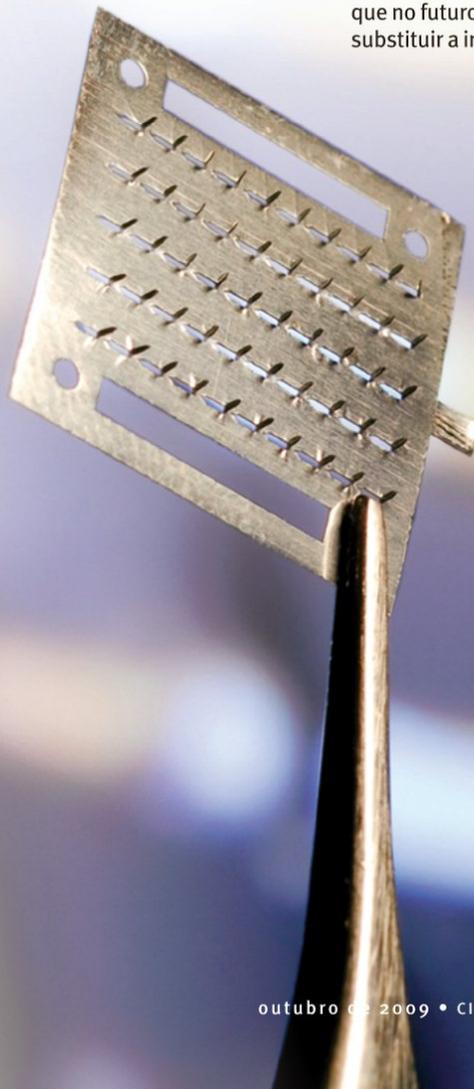


## SINTONIA FINA

**Se você, leitor,** é daqueles que suam frio na hora de tomar uma injeção, o futuro poderá ser menos amedrontador. Em poucos anos, a agulha poderá ser substituída por diminuto emplastro metálico, cujas microagulhas têm o diâmetro de poucos fios de cabelo. Melhor: você mesmo o aplica. O dispositivo foi desenvolvido por pesquisadores do Instituto de Tecnologia da Geórgia (Estados Unidos) e testado com sucesso em diabéticos que receberam insulina por meio dele. Os voluntários disseram sentir menos dor do que com a tradicional seringa (aquela de agulha fininha). Os testes para aplicar vacinas contra a gripe começarão em 2010. Os autores desfilam as vantagens do emplastro: no caso de epidemias, ele poderia ser distribuído em farmácias ou enviado pelo correio. Em poucos dias, um país inteiro estaria imunizado – com seringas, isso levaria meses. A parte ruim da inovação: ela não substitui as injeções intravenosas.

FOTO GARY WEEK

Conjunto de microagulhas, com cerca de 1cm<sup>2</sup>, que no futuro poderá substituir a injeção tradicional



## EM FOCO

**ESTILOS DIFERENTES, FATO EM COMUM** • Difícil ver semelhanças de estilo entre a pintura e o desenho. Mas ambos são do mesmo artista, N(ewell) C(onvers) Wyeth (1882-1945), considerado um dos maiores ilustradores norte-americanos do século passado. “Ilustração e pintura não devem se misturar”, dizia ele. Mas há um fato em comum entre as duas imagens: elas estão na mesma tela. O quadro foi pintado sobre o desenho. A revelação foi feita no último encontro da Sociedade Norte-americana de Química pela equipe de Jennifer Mass, do Departamento de Conservação de Arte, da Universidade de Delaware (Estados Unidos), que usou nova e refinada técnica – não destrutiva – de raios X. O modo como a técnica revelou os detalhes do desenho impressionam – por sinal, o leitor de *CH* está vendo as cores do desenho em primeira mão. “É um trabalho em andamento”, disse à *CH* Christina Bisulca, da Universidade do Arizona (Estados Unidos), responsável pela restauração.

A técnica de raios X, dizem os autores, poderá revelar casos semelhantes de outros artistas – acredita-se que grande parte das telas de Wyeth tenha desenhos por baixo.

O desenho foi publicado, em 1919, como ilustração para uma revista norte-americana. O quadro tem como título ‘Retrato de família’. Wyeth fez cerca de 3 mil pinturas e ilustrou 112 livros. A edição de *A ilha do tesouro* de 1911, clássico da literatura juvenil, do escocês Robert Louis Stevenson (1850-1894), reúne o que críticos classificam como o mais expressivo conjunto de ilustrações de Wyeth. Se achar em sebo, vale a compra.



CHRISTINA BISULCA, UNIVERSITY OF ARIZONA / BRANDYWINE MUSEUM



Seis das novas criaturas recém-descobertas nas profundezas do oceano. A maioria lança 'bombas' luminescentes, mostradas pelas setas no detalhe



## ZOOLOGIA

### VERMES BOMBARDEIROS

Prova de que pouco se conhece sobre as profundezas oceânicas: criaturas recém-descobertas, primos distantes das minhocas, lançam 'bombas' brilhantes como estratégia para, supõe-se, distrair seus predadores. Não se conhecia nada parecido.

As 'bombas', no caso, são diminutas bolsas (cerca de 2 mm de diâmetro) que, logo após lançadas, passam a emitir um verde intenso. Enquanto os predadores avançam sobre os saquinhos bioluminescentes, esses vermes das profundezas escapam rapidamente, com a ajuda de dúzias de 'pelinhos' que funcionam como hélices.

As bolsas luminosas têm quatro câmaras, que separam fluidos que, em contato, emitem luz. Cada espécie tem oito apêndices para carregar esses saquinhos, que brilham em média por um minuto.

As criaturas foram encontradas em partes profundas do oceano, com a ajuda de submarino guiado por controle remoto. Como anelídeos, são primas distantes das minhocas e das sanguessugas. Têm entre 18 e 93 mm de comprimento e vivem entre 2 km e 3,8 km abaixo da superfície.

Ao todo, foram encontradas sete novas espécies pela equipe de Karen Osborn, da Instituição de Oceanografia Scripps (Estados Unidos). Cinco delas soltam bombas e quatro habitam o chão dos oceanos. As novas criaturas foram coletadas nas costas das Filipinas e no litoral oeste norte-americano e mexicano. Os autores desconfiam que haja espécies semelhantes.

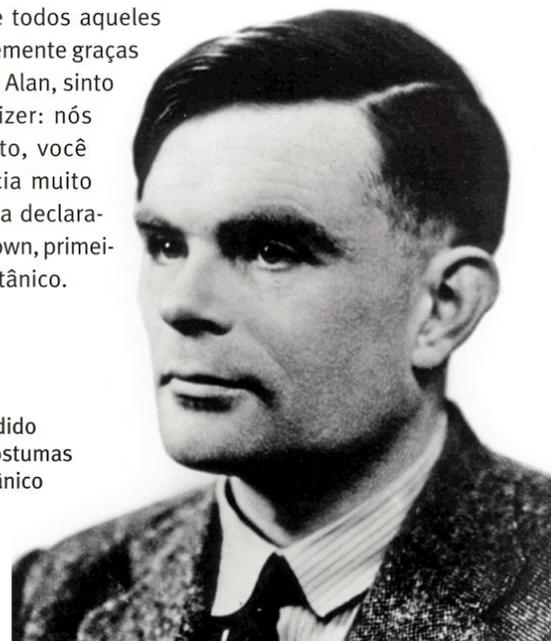
*Science*, 21/08/09

## SINTONIA FINA

Grupos de cientistas e líderes de movimentos sociais estão tentando limpar – ou pelo menos clarear – uma das maiores nódoas na história do Reino Unido: a condenação do matemático inglês Alan Turing (1912-1954). Turing viveu pouco, porque se suicidou, dois anos depois de ser condenado pela justiça britânica a tratamento experimental de castração química, que fez crescer nele peitos e afinou sua voz. Motivo: ter admitido relações sexuais com outro homem. Agora, John Graham-Cumming, cientista da computação, quer que o governo do Reino Unido peça publicamente desculpas pelo ato – isso já ocorreu; veja abaixo – e dê a Turing o perdão. Figuras de peso se juntaram à campanha: o biólogo Richard Dawkins e o escritor Ian McEwan. O movimento pelos direitos dos homossexuais também. Graham-Cumming escreveu à rainha, pedindo para Turing título de nobreza póstumo. Os organizadores acham que parte do que pleiteiam não será atendida. Mas a ideia é chamar a atenção para a importância intelectual de Turing. Como a palavra gênio existe nos dicionários, ela pode ser aplicada a ele. Matemático de primeira grandeza, Turing é o pai da computação moderna – o computador em que está sendo escrita esta coluna obedece aos princípios de uma 'máquina de Turing'. Seus trabalhos estabeleceram as bases filosóficas e matemáticas para a construção desses equipamentos. Turing foi um dos responsáveis pela quebra do código do Enigma, máquina que os alemães usavam para cifrar mensagens secretas. Historiadores costumam citar três fatos importantes que levaram à vitória dos Aliados contra os nazistas: i) a bomba atômica; ii) o radar; iii) e a quebra do código secreto – não necessariamente nesta ordem. A petição (<http://petitions.number10.gov.uk/turing/>) já tem cerca de 5,5 mil assinaturas (só pode ser assinada por cidadãos ou residentes do Reino Unido). Em tempo: no fechamento desta coluna, fomos avisados pelo físico britânico Joe Olmi, fã de Turing, assinante da petição e colaborador desta coluna, de que o governo britânico havia lançado declaração se desculpando pelo modo como tratou Turing. "Em nome do governo britânico, e de todos aqueles que vivem livremente graças ao trabalho de Alan, sinto orgulho em dizer: nós sentimos muito, você [Turing] merecia muito mais." Assina a declaração Gordon Brown, primeiro-ministro britânico.

DIVULGAÇÃO

Alan Turing, que recebeu pedido de desculpas póstumas do governo britânico



PSICOLOGIA

EXPRESSÕES FACIAIS

Para evitar um choque cultural, seria apropriado que a próxima conversa que você tiver com um asiático seja do tipo olho no olho. Porque é justamente por meio do movimento dessa parte da face que eles tentam adivinhar a emoção do interlocutor.

Em testes de laboratório, foi exibido a 13 asiáticos e 13 ocidentais um conjunto de imagens padronizadas de face, denominado Sistema Codificador para a Ação Facial (FACS, na sigla em inglês), usadas por psicólogos em experimentos. Neles,

asiáticos mostraram bastante dificuldade em dizer se uma face representava, por exemplo, medo ou surpresa, desgosto ou raiva. Ocidentais costumam ‘varrer’ a face como um todo, dando igual atenção a olhos e boca, o que lhes garantiu número maior de acertos. Em tempo: o FACS é uma tabela ‘ocidentalizada’.

Rachel Jack, da Universidade de Glasgow (Escócia), afirma que esse resultado parece ser corroborado quando se examinam a forma dos *emoticons* (aquelas ‘carinhas’ usadas em mensagens de com-

putador ou telefone celular). Ocidentais, por exemplo, usam :) para alegre e :( para triste, com ênfase na boca. Já os asiáticos expressam os mesmos sentimentos com ^.^ (alegre) e ;\_ (triste) – note que os olhos são o principal componente gráfico.

Outro resultado da pesquisa: o FACS, inventado em 1976, não é universal. Terá que ser revisto, ou adaptado para asiáticos.

*Current Biology*, 29/09/09



2009 KAREN J. OSBORN

SINTONIA FINA

No futuro, as biópsias com agulha poderão deixar no tumor um diminuto monitor, do tamanho de um grão de arroz. A ideia é que essa cápsula de plástico ajude a responder perguntas essenciais para o médico e o paciente. O tumor está reagindo à terapia? Está regredindo ou crescendo? A essência do micro-monitor são partículas nanomagnéticas que grudam em substâncias secretadas pelas células tumorais à medida que elas crescem ou respondem à terapia. As partículas são monitoradas com exame de ressonância magnética. A nova tecnologia foi testada em camundongos com resultados animadores. Agora, os inventores – pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Massachusetts e da Universidade Harvard, ambos nos Estados Unidos – já pensam em inovações: acoplar minúscula antena à cápsula, permitindo que a leitura seja feita por equipamento de ressonância manual. Há, no entanto, testes cruciais para o invento: passar pelo crivo de tumores em animais maiores e funcionar em humanos. A fabricante é a T2 Biosystems ([www.t2biosystems.com](http://www.t2biosystems.com)).

LEIA NA CH ON-LINE

TECNOLOGIA > **Diagnóstico pelo sopro** > Cientistas desenvolvem aparelho capaz de detectar câncer de pulmão a partir da respiração  
 → <http://cienciahoje.uol.com.br/152235>

CIÊNCIAS DA INFORMAÇÃO > **No fluxo (lento) das mensagens virais** > Modelo matemático revela que informações na internet se espalham mais devagar que o esperado  
 → <http://cienciahoje.uol.com.br/152663>

ASTRONOMIA > **Ainda não foi desta vez** > Novos dados não têm evidência de ondas gravitacionais, mas ajudam a entender evolução do universo  
 → <http://cienciahoje.uol.com.br/151442>

NANOCIÊNCIA > **Com pesquisa e sem alarde** > Iniciativa internacional aposta em estudos de toxicidade para desenvolver nanomateriais seguros  
 → <http://cienciahoje.uol.com.br/151377>

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

**Cássio Leite Vieira**  
*Ciência Hoje/RJ*

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

# Cada macaco no seu galho

**Franklin Rumjanek**

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



A sociedade parece não se cansar de discutir a questão das raças humanas e a adequação de criar normas legais em favor deste ou daquele grupo minoritário. Embora se mantenha em nível dormente durante o ano, o debate é sazonal e adquire mais vigor nessa época, quando, juntamente com a primavera, começam as inscrições para os concursos de admissão às várias universidades públicas do país.

No âmbito da discussão racial, talvez já tenham sido apresentados quase todos os argumentos genéticos enfatizando a dificuldade de definir raças humanas, sem que se tenha logrado convencer os defensores das cotas para negros ou outras etnias de que tal critério seria mais que imperfeito. As ponderações resvalam nas couraças dos militantes que acreditam que a prática da justiça social se restringe à cor da pele.

Aparentemente, genética e política são imiscíveis. Não obstante, aqui vai mais um argumento. Talvez a origem do problema esteja no fato de que as pessoas não sabem quem são biologicamente e onde se encaixam na natureza. Para colocar em perspectiva essa matéria, podemos propor um teste. Perguntem a seus semelhantes, ou a si mesmos: consideram-se macacos ou não? E, se a resposta for não, por que não? É oportuno lembrar que chamar alguém de macaco é uma ofensa comum em conflitos envolvendo etnias diferentes. Enfim, passado o assombro (ou ultraje) inicial diante da indagação, virá a constatação de que a resposta não é trivial.

Apenas aqueles mais familiarizados com a taxonomia se sentirão à vontade para refletir que humanos e grandes macacos pertencem à mesma ordem dos primatas, à mesma superfamília dos Hominoidea, à mesma família dos Hominidae e também à subfamília dos Homininae. Só quando chegamos ao gênero surge uma divisão que nos distingue, com base em alguns detalhes anatômicos. Nesse nível, os humanos são *Homo*, os chimpanzés e bonobos são *Pan* e os gorilas são *Gorilla*. Para todos os efeitos, no entanto, não há nada muito contundente contra a ideia de que os humanos podem também ser colocados entre os grandes macacos. Com isso em mente, é válido co-

mentar que, se não é tão fácil distinguir os humanos dos grandes macacos, seria de fato uma grande pretensão opinar com tanta certeza sobre a identificação de raças, uma subdivisão muito mais sutil – se é que existe – dentro da população humana.

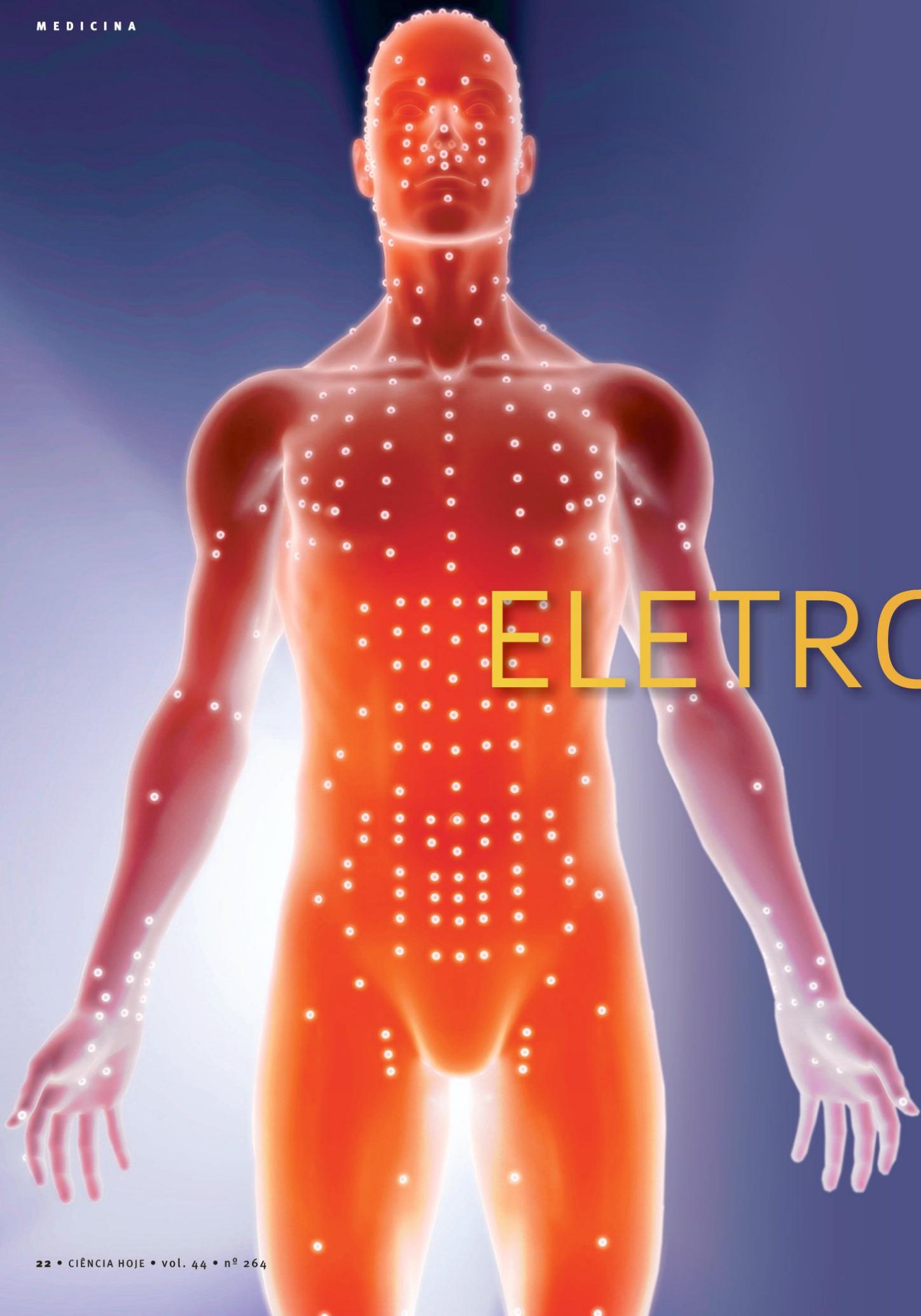
Recentemente, o geneticista indiano Aravinda Chakravarti lançou uma ideia que poderia ser facilmente testada e que colocaria uma pá de cal no assunto. Ele publicou um ensaio, na edição de 22 de janeiro (p. 380) da revista científica *Nature*, sobre o tópico de vínculos familiares e relações raciais. Após discorrer sobre a diversidade genética existente entre os seres humanos, Chakravarti propôs que, para confirmar a existência ou não de raças, os geneticistas deveriam se concentrar não nas populações, mas nos indivíduos.

Os estudos mais conhecidos realizados até agora compararam populações. Para fazer isso, no entanto, os geneticistas acreditaram, *a priori*, que os indivíduos que compõem as populações são homogêneos e que as populações comparadas é que são suficientemente diferentes uma da outra. O caminho mais revelador, na opinião de Chakravarti, seria o oposto. Ele sugere selecionar aleatoriamente indivíduos e registrar vários aspectos de cada um, como local de nascimento, naturalidade dos pais, língua e outras características culturais que os unissem a grupos variados. Nos mesmos indivíduos seriam identificadas também as marcas genéticas, exatamente como se faz para montar bancos de dados de populações que normalmente são usados em investigação de paternidade e de identidade.

Com esses dados, seria então possível buscar elementos comuns que permitiriam agrupar os indivíduos em populações distintas. As 'raças' emergiriam daí. Ou, o que é mais provável, não. Com os equipamentos de análise de genoma já disponíveis, bastaria curiosidade e, claro, vontade política para resolver a pendenga.

---

Perguntem a seus semelhantes, ou a si mesmos: consideram-se macacos ou não? E, se a resposta for não, por que não?



# ELETRO

*A Organização Mundial da Saúde listou, em 1979, mais de 40 doenças tratáveis pela acupuntura, técnica medicinal milenar, de origem chinesa, hoje reconhecida como especialidade médica em muitos países. A compreensão do mecanismo de ação das agulhas aplicadas em pontos específicos do corpo baseou-se, por milênios, apenas em concepções filosóficas, mas nas últimas décadas houve um aumento significativo do número de pesquisas sobre a técnica, que deram a esta sólida embasamento científico. Alguns desses estudos abordaram o uso da acupuntura no tratamento da depressão, sem resultados conclusivos. No entanto, trabalho recente de nosso grupo de pesquisa constatou, em ratos, efeitos tipo-antidepressivos da eletroacupuntura. O trabalho mostrou ainda que tais efeitos estão associados aos níveis de serotonina no sistema nervoso central.*

Jair Guilherme dos Santos Jr., Fernando Kawano, Márcio Makoto Nishida, Ysao Yamamura,  
Luiz Eugênio Araújo de Moraes Mello e Angela Maria Florencio Tabosa  
Laboratório de Pesquisas em Acupuntura, Universidade Federal de São Paulo

# ACUPUNTURA

## Possível arma contra a depressão?

**A depressão é considerada**, nos dias atuais, uma doença potencialmente grave, que atinge parcela expressiva da população mundial. Desânimo, tristeza, insegurança, ansiedade, comprometimento da autoestima e desmotivação ilustram claramente o impacto da depressão, que afeta em torno de 20% da população mundial e faz parte do grupo das 10 maiores causas de adoecimento e morte em todo o mundo.

As pessoas que sofrem de depressão apresentam, frequentemente, dificuldade de admitir que têm a doença e que precisam de ajuda médica. Assim, estabelece-se um sofrimento tanto para o paciente quanto para as pessoas de seu círculo afetivo, que se sentem incapazes diante dessa situação adversa.

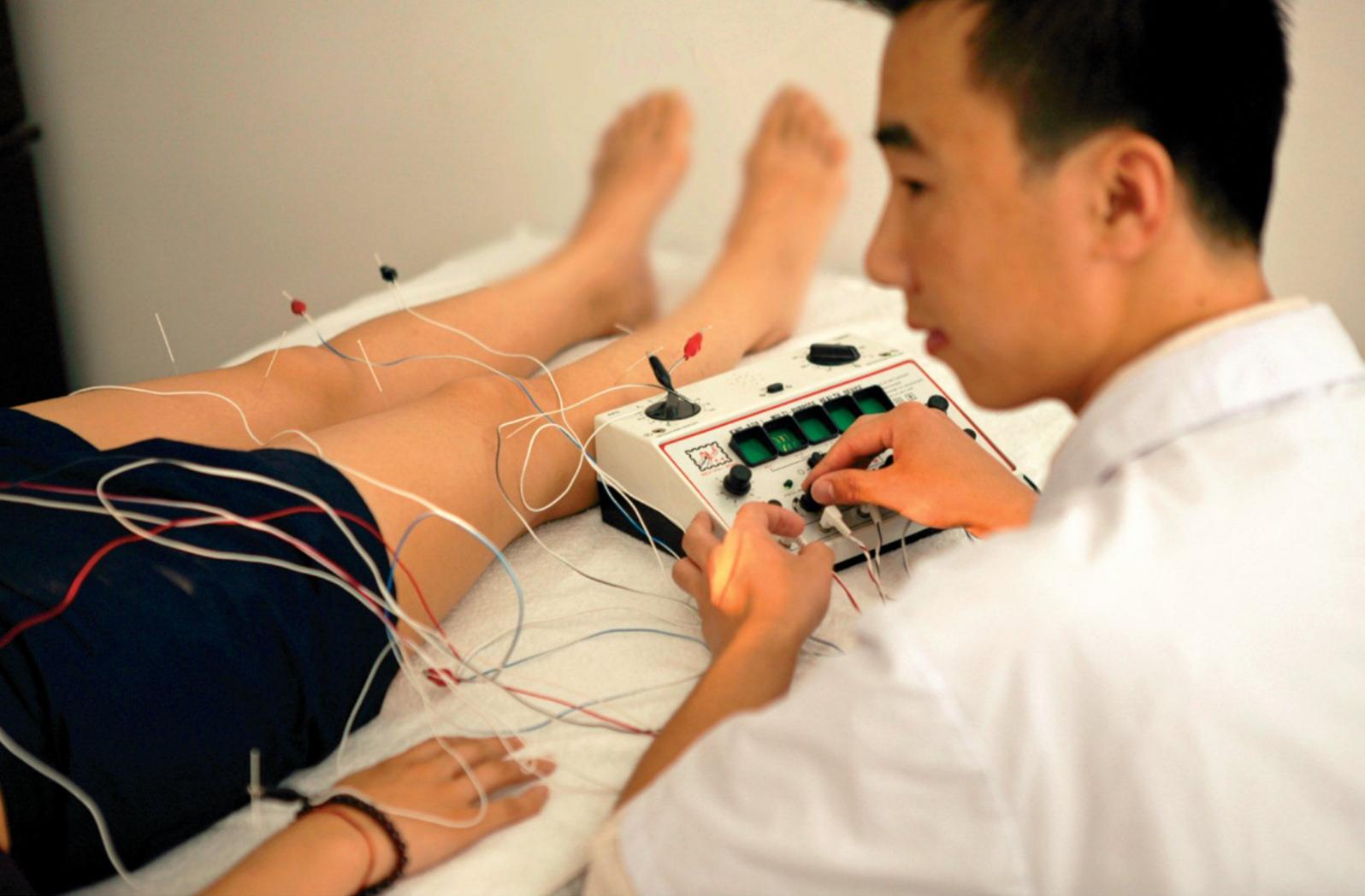


Figura 1. A acupuntura é uma técnica terapêutica milenar, indicada hoje pela Organização Mundial da Saúde para o tratamento de dezenas de problemas de saúde

Clinicamente, a depressão pode ser tratada com terapia, com medicamentos ou com a associação desses dois recursos. Embora eficazes em muitos casos, essas estratégias não melhoram de forma significativa o quadro clínico de muitos pacientes. Por outro lado, os medicamentos antidepressivos podem apresentar efeitos colaterais e só iniciam seus efeitos clínicos após algumas semanas de uso. Nesse contexto, fica evidente a grande importância de se pesquisar outras estratégias para o tratamento da depressão, principalmente entre as medicinas complementares, que vêm mostrando efeitos animadores em várias áreas da saúde.

## As agulhas como possível opção

A acupuntura é uma forma milenar de tratamento que teve origem na China há mais de 3 mil anos e que tem sido praticada de forma ininterrupta até os dias atuais (figura 1). Essa técnica, além de ter sua eficácia comprovada clinicamente e de contar

com a aceitação popular, vem ganhando reconhecimento no meio científico, em função dos resultados convincentes de grande número de pesquisas, principalmente estudos experimentais com animais de laboratório, que têm desvendado importantes etapas do seu mecanismo de ação.

Uma série de trabalhos descreve que o estímulo de pontos de acupuntura, seja por meio da simples inserção de uma agulha (acupuntura manual) ou pela estimulação elétrica dessas agulhas (eletroacupuntura), é capaz de induzir alterações no funcionamento do sistema nervoso central, modulando a liberação de substâncias específicas (os chamados transmissores). Essas substâncias são fundamentais para as atividades não só do sistema nervoso central, mas de todo o organismo. Os transmissores controlam a condução dos impulsos nervosos e coordenam a função dos órgãos internos (sistemas circulatório, respiratório, digestório, reprodutor e hormonal), além do comportamento psicológico.

Sabe-se que existe uma relação direta da acupuntura com a liberação de neurotransmissores, entre eles os opioides (encefalina, endorfinas, dinorfina), a bradicinina, a serotonina, a adrenalina, a noradrenalina e outros. Na depressão, embora ocorra alteração nos níveis de várias dessas substâncias, a

serotonina tem recebido, sem dúvida, maior atenção: grande parte dos medicamentos antidepressivos atua por meio da modulação, direta ou indireta, do sistema serotoninérgico – o complexo sistema neuroquímico ativado pela serotonina.

Embora existam na literatura científica alguns trabalhos sobre os efeitos da acupuntura na depressão, a maioria deles foi realizada em seres humanos (pesquisas clínicas). Nessas condições, questões éticas limitam bastante uma investigação mais acurada do mecanismo de ação da acupuntura, capaz de conferir sustentabilidade aos resultados. Além disso, as pesquisas clínicas em acupuntura, por dificuldades metodológicas, não incluem grupos-controle adequados, que permitam investigar todas as possibilidades envolvidas. Esses problemas, infelizmente, costumam comprometer a qualidade dos estudos publicados, de modo que o tema ‘acupuntura *versus* depressão’ ainda é controverso na literatura científica.

## Estudo com variados controles

Visando preencher essa relevante lacuna, elaboramos um estudo experimental, em ratos, com grupos-controle bem fundamentados, objetivando: (1) investigar se a eletroacupuntura exerce, ou não, algum efeito tipo-antidepressivo; (2) comparar os efeitos da eletroacupuntura com os do antidepressivo imipramina (usado com frequência na clínica diária); e (3) investigar se a serotonina tem importância nesse mecanismo de ação da eletroacupuntura.

Para tanto, usamos dois modelos experimentais, conhecidos como ‘desamparo aprendido’ e ‘nado forçado’ e amplamente empregados em estudos científicos para avaliar os efeitos de drogas antidepressivas (ver ‘Estados de depressão’). O estudo foi realizado no Laboratório de Pesquisas Experimentais em Acupuntura da Universidade Federal de São Paulo e os resultados foram publicados na revista científica internacional *Physiology & Behavior*.

Para realizar a pesquisa foram constituídos nove grupos experimentais, cada um com procedimentos específicos, como descrito a seguir.

No ‘grupo-controle’, os ratos não foram submetidos a qualquer procedimento específico. A finalidade desse grupo foi representar o padrão ‘normal’ dos animais (sem comportamento tipo-depressivo) quando avaliados nos testes comportamentais. ▶

## Estados de depressão

Os modelos experimentais usados são estressantes para os animais, mas estudos indicam que não deixam sequelas nos mesmos. No modelo de ‘desamparo aprendido’, o rato é colocado em uma caixa sem saída que tem no fundo uma grade metálica. Em intervalos variáveis, uma corrente elétrica é aplicada à grade, e o rato leva um choque. No início, o animal busca um modo de evitar o choque: ele tende a considerar o último comportamento anterior ao choque como o causador deste, e evita sua repetição. Se estava perto do vidro, afasta-se; se estava no lado esquerdo da caixa, evita esse lado. Mas o próximo choque é inevitável. Assim, as tentativas de evitar o ‘comportamento perigoso’ são inúteis. Com o tempo, o rato desiste de buscar uma solução e fica inerte na caixa, sem tentar evitar o choque. Esse estado de desânimo total é chamado de desamparo aprendido.

No modelo do ‘nado forçado’, o rato é posto em um recipiente de paredes lisas e com água até um nível em que o fundo está distante e o animal não consegue alcançar a borda. A princípio, ele se debate ou nada, buscando sair dessa situação, mas com o tempo desiste e fica apenas boiando. Nos dois casos, o estado final – de desânimo – é considerado análogo à depressão, tanto que a aplicação de antidepressivos (mas não de outros fármacos que atuam no sistema nervoso central) faz com que os ratos demorem mais a atingir esse estado.

No 'grupo Salina', os ratos foram apenas submetidos aos modelos experimentais (desamparo aprendido e nado forçado). A finalidade foi representar um padrão de comportamento tipo-depressivo, sem tratamento.

No 'grupo eletroacupuntura' ('EA'), os ratos foram submetidos aos modelos experimentais citados e também a um período de 20 minutos de imobilização, durante o qual receberam tratamento de eletroacupuntura em dois pontos corporais usados tradicionalmente nessa técnica e denominados E-36 (*Zusanli*, em chinês) e BP-6 (*Sanyinjiao*) (figura 2).

No grupo 'falsa-eletroacupuntura', os procedimentos foram os mesmos descritos para o grupo eletroacupuntura, mas nesses animais as agulhas foram aplicadas em dois pontos corporais não incluídos entre os pontos tradicionais da acupuntura. A finalidade desse grupo foi comparar os efeitos da aplicação de acupuntura verdadeira com os da inserção aleatória de uma agulha no corpo.

No 'grupo Imob', os ratos foram submetidos aos modelos (desamparo aprendido e nado forçado) e a um período de 20 minutos de imobilização, sem a aplicação de agulhas de acupuntura. Como é necessário imobilizar os ratos, para que as agulhas

permaneçam inseridas no corpo do animal, a finalidade foi identificar se o processo de imobilização, por si só, estaria interferindo nos resultados.

No 'grupo Imi', os ratos foram submetidos aos mesmos modelos experimentais e depois tratados com o antidepressivo imipramina. A finalidade foi comparar os efeitos da eletroacupuntura com os do tratamento com um medicamento.

Finalmente, foram incluídos no estudo três grupos adicionais, visando investigar a influência da serotonina sobre o efeito da eletroacupuntura. No 'grupo pCPA', os ratos foram apenas tratados com paraclorofenilalanina (pCPA), substância que inibe a síntese de serotonina no sistema nervoso central, sem qualquer outro procedimento. No 'grupo pCPA+D', os ratos foram previamente tratados com pCPA, para induzir a diminuição dos níveis de serotonina no sistema nervoso central, e a seguir submetidos aos modelos experimentais (desamparo aprendido e nado forçado), sem aplicação de acupuntura. Finalmente, no 'grupo pCPA+D+EA', os ratos também foram previamente tratados com pCPA e a seguir submetidos aos modelos experimentais e ao tratamento por eletroacupuntura (como descrito para o grupo 'EA').

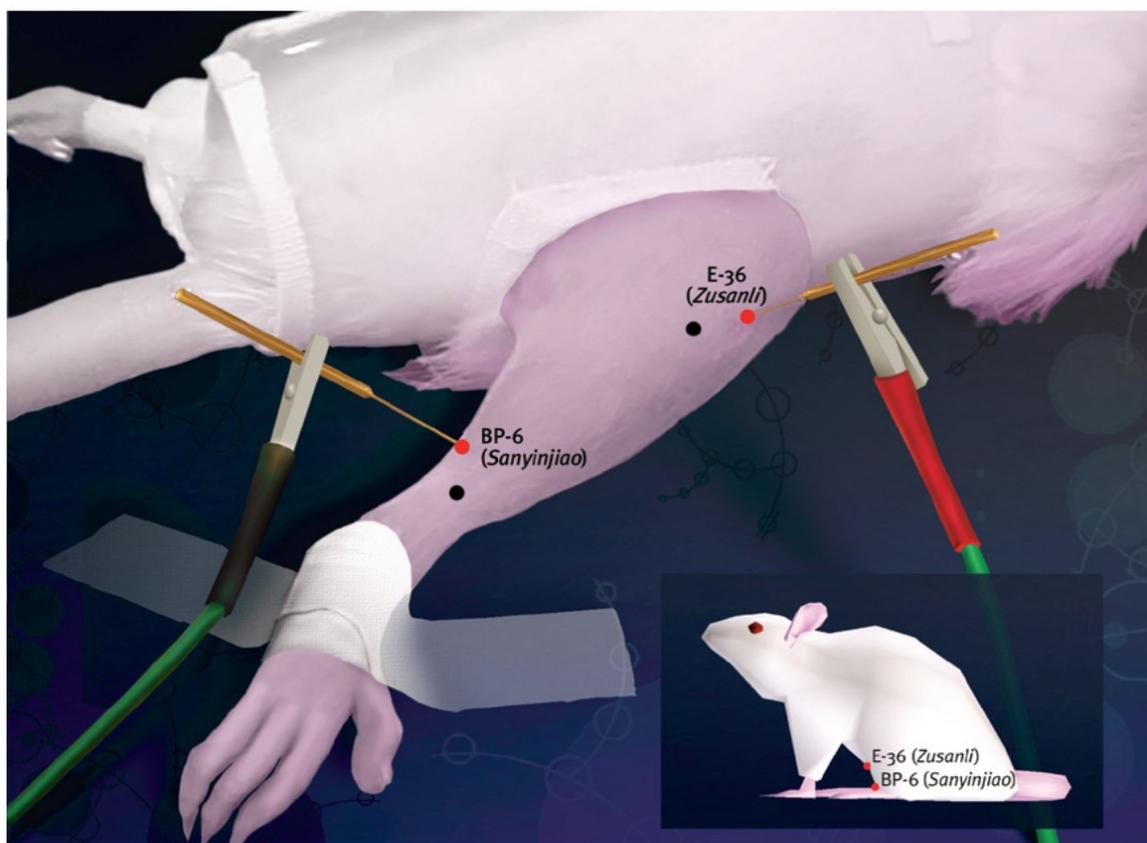


Figura 2. Aplicação de eletroacupuntura em dois pontos tradicionais de acupuntura na pata traseira de um rato: os pontos E-36 (*Zusanli*) e BP-6 (*Sanyinjiao*) (em vermelho). Os dois falsos pontos de acupuntura utilizados no estudo, próximos aos pontos verdadeiros, também estão indicados na imagem (em preto)

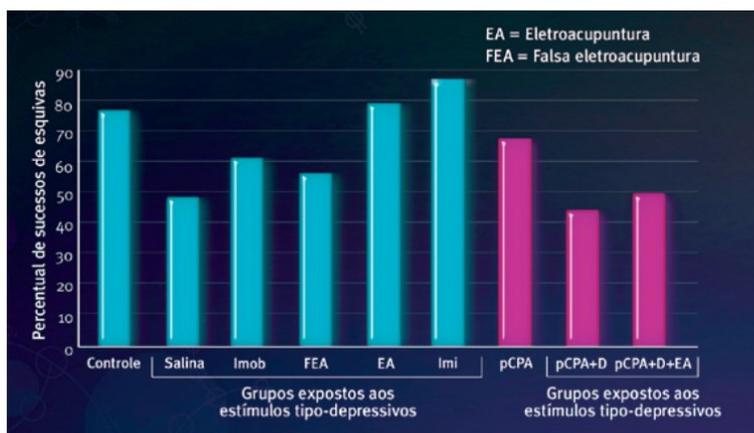


Figura 3. Percentual de tentativas (com êxito) de evitar a situação estressante (tecnicamente, ‘fugas do contexto aversivo’) feitas por animais submetidos ao modelo de ‘desamparo aprendido’. Os animais do grupo-controle (não submetidos ao modelo) apresentaram maior percentual de fugas do contexto aversivo que os do grupo ‘Salina’ (submetidos ao modelo, mas sem receber qualquer tratamento). Apenas animais tratados com a eletroacupuntura verdadeira (grupo ‘EA’) e os que receberam imipramina (grupo ‘Imi’) aumentaram o percentual de fugas do contexto aversivo, se comparados aos do grupo ‘Salina’. O pré-tratamento com araclorfenilalanina, droga que reduz a produção de serotonina, impediu o efeito da eletroacupuntura, como mostra a diferença entre as respostas dos grupos ‘eletroacupuntura’ e ‘pCPA+D+EA’

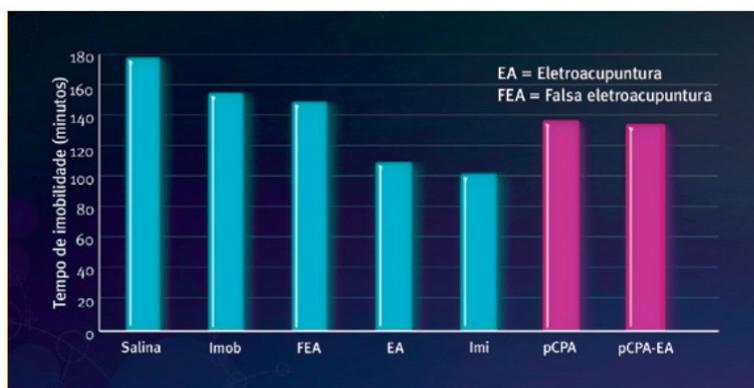


Figura 4. Desempenho dos animais avaliados no modelo experimental ‘nado forçado’. Apenas os animais tratados com a eletroacupuntura verdadeira (grupo ‘EA’) e com a imipramina (grupo ‘Imi’) diminuíram o tempo em que permaneceram na posição de imobilidade, se comparados aos animais com comportamento tipo-depressivo induzido e que não receberam qualquer tratamento (grupo ‘Salina’). O pré-tratamento com paraclorfenilalanina, droga que reduz a produção de serotonina, impediu o efeito da eletroacupuntura

## Ação contra a depressão

Os resultados obtidos revelam que a eletroacupuntura verdadeira promoveu um efeito tipo-antidepressivo e que a intensidade desse efeito foi igual à obtida com a imipramina. Uma constatação importante foi a da ineficácia da falsa eletroacupuntura, pois isso evidencia que a ação da eletroacupuntura verdadeira decorreu da estimulação específica dos pontos de acupuntura. Finalmente, verificamos que os efeitos da eletroacupuntura verdadeira foram bloqueados pela administração de pCPA, sugerindo que a ação da eletroacupuntura, nos modelos experimentais utilizados, está diretamente relacionada com os níveis de serotonina no sistema nervoso central (figuras 3 e 4).

Sabe-se que os efeitos obtidos em pesquisas experimentais com animais não podem ser automaticamente transpostos para o organismo humano. No entanto, é bem conhecido que os resultados dessas pesquisas representam, quase sempre, o primeiro passo quando se pretende averiguar, com critérios

científicos, a eficácia de tratamentos não convencionais, visando a sua validação para uso clínico.

Em nosso estudo, alguns aspectos interessantes podem ser observados. Em primeiro lugar, mesmo com uma excelente eficácia clínica, o uso da imipramina, assim como de outros antidepressivos, é muitas vezes limitado pela alta incidência de efeitos colaterais. Levando-se em consideração a baixíssima ocorrência de efeitos adversos relacionados à acupuntura, nossos resultados, embora de caráter experimental, são animadores. Caso os efeitos tipo-antidepressivos da eletroacupuntura observados nesse estudo, em ratos, venham a ser confirmados em estudos clínicos bem controlados com humanos, a acupuntura poderá tornar-se uma nova opção de tratamento para os portadores de depressão que não respondem satisfatoriamente aos medicamentos contra a doença.

Finalmente, é conhecido que a depressão está ligada a disfunções no sistema neurológico que envolvem a serotonina. Assim, a evidência, obtida em nosso estudo, de que o mecanismo do efeito tipo-antidepressivo da eletroacupuntura está diretamente relacionado à serotonina representa um reforço aos resultados obtidos. ■

### Sugestões para leitura

- DOS SANTOS Jr., J.G.; Kawano, F.; NISHIDA, M. M.; YAMAMURA, Y.; MELLO, L.E. & TABOSA, A. ‘Antidepressive-like effects of electroacupuncture in rats’, in *Physiology & Behavior*, v. 93(1-2), p. 155, 2008.
- AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION. *Guia essencial da depressão*. São Paulo, Ed. Aquariana, 2002.
- WELLS, B. G.; DIPIRO, J.T.; SCHWINGHAMMER, T. L. & HAMILTON, C. W. *Manual de farmacoterapia*. São Paulo, McGrawHill, 2006.

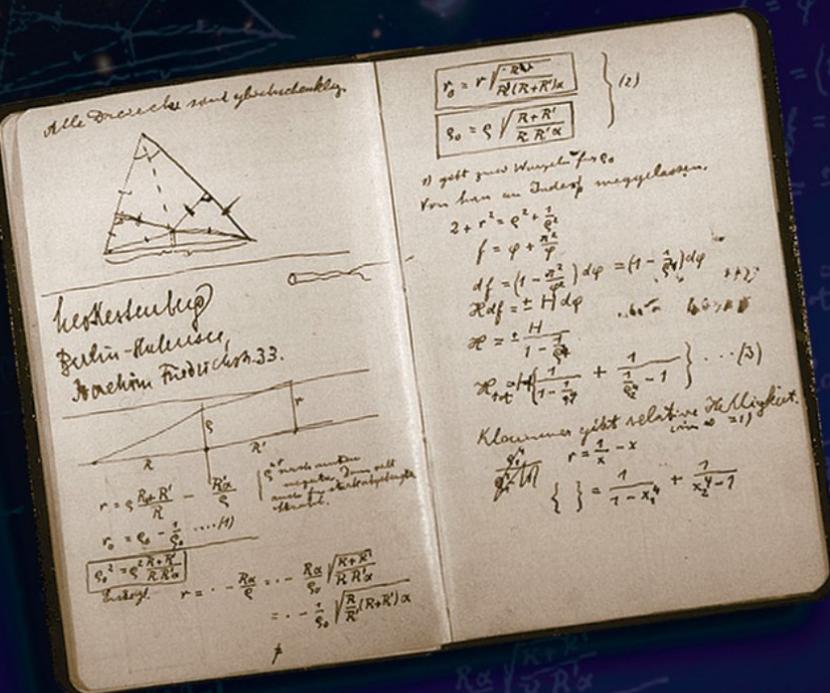
Uma das consequências mais espetaculares do desvio da luz pela gravidade é o fenômeno de lente gravitacional. Mais que uma curiosidade da teoria da relatividade geral, esse efeito proporciona um instrumento poderoso para a astrofísica e a cosmologia.

As lentes gravitacionais permitem enxergar alguns dos objetos mais distantes do cosmo, detectar a presença de matéria invisível, sondar a estrutura em grande escala do universo e até descobrir novos planetas.

**Martín Makler**

Instituto de Cosmologia, Relatividade e Astrofísica,  
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (R)

# o universo visto pelas lentes gravitacionais



Cadernos de Einstein com cálculos sobre o desvio da luz sofrido pela ação da gravidade, gerando imagens duplas



Figura 1. Os raios de luz que passam na proximidade da borda do Sol são defletidos pela gravidade desse astro, o que leva o observador a enxergar a estrela em posição diferente daquela que ela realmente ocupa no céu

**Pode-se dizer que os fundamentos da área de lentes gravitacionais** foram estabelecidos há exatos 90 anos, quando foi medida, pela primeira vez,

a deflexão da luz por um campo gravitacional. Como é comum na história da ciência, os caminhos das grandes descobertas são, por vezes, atribulados. Os primeiros cálculos conhecidos sobre o desvio da luz pela gravidade remontam ao século 18. Uma versão mais moderna deles foi feita, em 1911, pelo físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955), com base em ideias que quatro anos mais tarde fariam parte de sua teoria da gravitação, conhecida como relatividade geral.

Para comprovar esse desvio, Einstein sugeriu a astrônomos que se medisse a mudança na posição aparente de estrelas próximas à borda do Sol, o que teria que ser feito durante um eclipse solar total, quando as estrelas podem ser vistas perto desse astro. Nesse teste, a ideia é medir um ângulo extremamente pequeno, formado entre a posição aparente e real desse astro. O esquema da figura 1 mostra essa diferença.

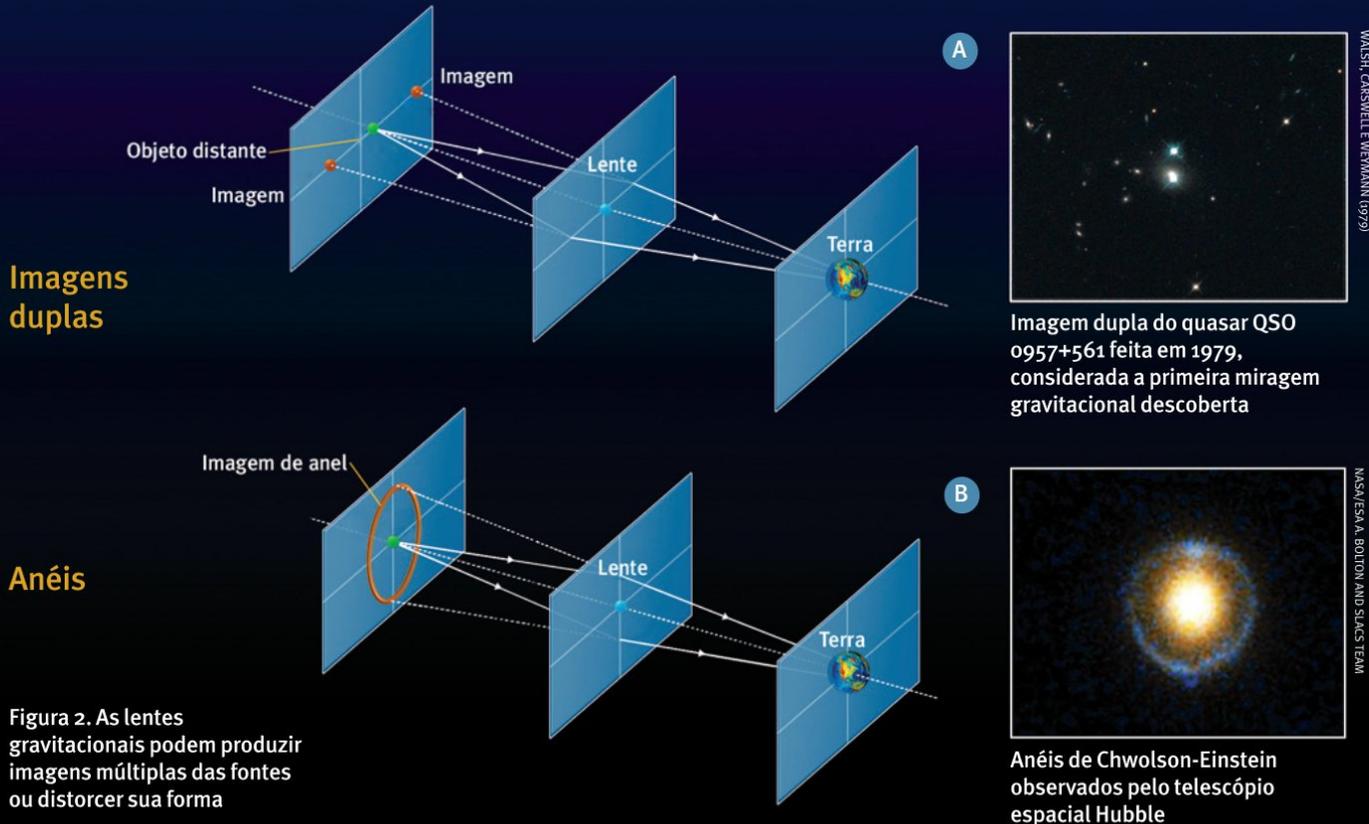
Ao longo da década de 1910, ocorreram várias expedições com esse propósito. Uma delas já em 1912, em Cristina (MG). Mas uma forte chuva impediu a observação do eclipse. A ironia é que Einstein contou com boa dose de sorte na ocasião, pois seus cálculos para esse desvio estavam incorretos: davam o mesmo valor do desvio obtido com base na teoria da gravitação do físico inglês Isaac Newton (1642-1727).

Outras tentativas não tiveram melhor sorte. Em 1914, os integrantes alemães de uma expedição internacional acabaram presos na Crimeia (Rússia), com seus equipamentos confiscados, devido à eclosão da Primeira Guerra Mundial, que colocou os dois países em lados opostos do conflito.

Em 1915, após completar a sua teoria da relatividade geral, Einstein recalculou o desvio da luz e obteve o valor correto, que é o dobro do valor obtido anteriormente, diferindo, portanto, da previsão newtoniana.

O desvio da luz por um campo gravitacional só acabou medido em 1919, quando equipes britânicas foram enviadas para a ilha de Príncipe, na África, e Sobral, no Ceará, para observar outro eclipse total do Sol. Na ilha da costa ocidental africana, o tempo ficou ruim. E, em Sobral, o Sol se abriu – para depois se escurer – e as fotografias do fenômeno obtidas em território brasileiro concordaram com a nova – e definitiva – previsão de Einstein.

Einstein tornou-se uma celebridade mundial. Sua teoria havia desbancado a de Newton, que reinava por cerca de dois séculos e meio.



**Imagens duplas**

**Anéis**

Figura 2. As lentes gravitacionais podem produzir imagens múltiplas das fontes ou distorcer sua forma

Imagem dupla do quasar QSO 0957+561 feita em 1979, considerada a primeira miragem gravitacional descoberta

Anéis de Chwolson-Einstein observados pelo telescópio espacial Hubble

## MIRAGENS GRAVITACIONAIS

O desvio dos raios de luz pelo campo gravitacional é um fenômeno análogo àquele sofrido pela luz ao atravessar um meio material, como a água ou o vidro. Assim, a gravidade pode exercer sobre a luz efeito muito semelhante ao de uma lente, alterando a forma de objetos que estão atrás da lente. Esse fenômeno é chamado lente gravitacional.

Qualquer massa pode ser uma lente gravitacional. Até mesmo você, leitor, neste instante, está desviando os raios de luz que passam nas proximidades de seu corpo e agindo como uma lente! O problema é que só é possível detectar algum efeito quando a massa e as distâncias (entre a fonte emissora de luz, a lente e o observador) são suficientemente grandes. Os objetos mais ‘leves’ detectados por seu efeito de lente gravitacional são planetas – mas eles estão a milhares de anos-luz da Terra (cada ano-luz equivale a 9,5 trilhões de km).

As lentes gravitacionais, diferentemente das usuais (como as de óculos, lunetas etc.), podem produzir imagens múltiplas das fontes e/ou distorcer sua forma, dando origem aos chamados arcos gravitacionais. Tanto arcos quanto imagens múltiplas são denominados ‘miragens gravitacionais’.

Já em 1912, Einstein percebeu que a deflexão da luz causada por uma estrela daria origem a imagens duplas (figura 2A) de uma estrela mais distante. Percebeu também que essas imagens seriam magnificadas (ou

seja, seu brilho aparente seria aumentado). Mas essas ideias não foram publicadas na época.

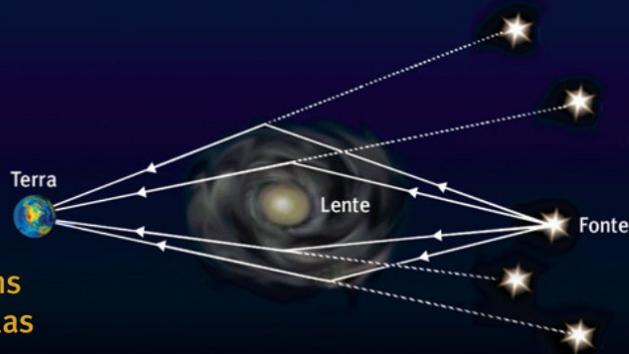
O primeiro artigo sobre o efeito de lente gravitacional foi do físico russo Orest Chwolson (1852-1934), em 1924. Além da ‘estrela dupla fictícia’, Chwolson previu que o alinhamento perfeito entre fonte, lente e observador daria origem a uma imagem com forma de anel em volta da lente (figura 2B).

Einstein só publicou o primeiro artigo sobre lentes gravitacionais em 1936, prevendo as imagens duplas e a magnificação das imagens, bem como a possibilidade de o fenômeno formar anéis (hoje, anéis de Chwolson-Einstein). Curiosamente, Einstein parecia desconhecer o trabalho de Chwolson – embora este tivesse sido publicado na mesma página da revista em que havia saído outro de seus artigos.

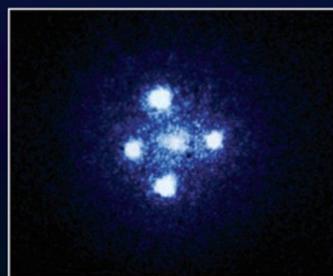
## DIFERENTES VISÕES

Se uma estrela pode fazer o papel de lente gravitacional, então por que não vemos no céu uma série de imagens duplas de outras estrelas que estejam atrás da primeira? Uma primeira resposta: porque, para que o efeito de lente seja detectável, é preciso, como foi dito, um alinhamento quase perfeito entre a fonte, a lente e o observador (ou seja, entre a estrela mais distante, a mais próxima e a Terra), o que é extremamente improvável. Em seu artigo de 1936, Einstein concluiu: “obviamente, não há muita esperança de se observar esse fenômeno diretamente”.

## Imagens Múltiplas



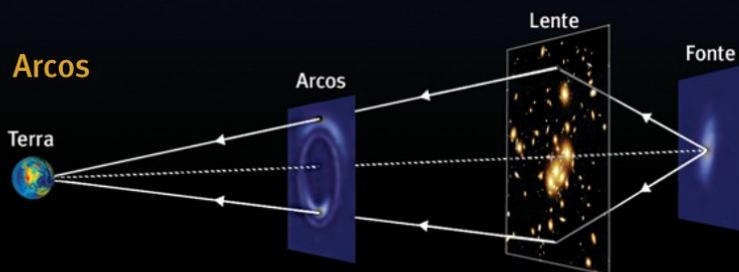
C



Cruz de Einstein formada por várias imagens de quasar

NASA, ESA, E STSC

## Arcos



D



Aglomerado de Abell 2218 com diversos arcos gravitacionais

ANDREW ROUGHTER (STSC) ET AL., WPC2, HST, NASA

Em 1937, o astrônomo suíço Fritz Zwicky (1898-1974) publicou um trabalho no qual estudava o efeito de lentes gravitacionais de galáxias por galáxias e por aglomerados de galáxias. Como as massas e as distâncias envolvidas eram muito maiores, os efeitos de imagem múltipla poderiam ser observados diretamente.

Zwicky previu que as lentes poderiam ser utilizadas em três aplicações: i) para ver objetos distantes, agindo como ‘telescópios gravitacionais’; ii) para medir a massa de galáxias e aglomerados; iii) para testar a relatividade geral por meio da deflexão da luz. Ele concluiu: “A probabilidade de que galáxias agindo como lentes gravitacionais sejam encontradas torna-se praticamente uma certeza.”

## MICRO E MACRO

O efeito de lente é tanto maior quanto maiores forem a massa da lente e as distâncias entre ela, a fonte e o observador. O efeito é máximo se a distância do observador até a lente é aproximadamente igual àquela da lente até a fonte – ou seja, se a lente está ‘no meio’ do caminho. Se dois desses três elementos estiverem próximos, o efeito é nulo.

Se a massa da lente é pequena (uma estrela, por exemplo) e a distância dela até a fonte for ‘curta’ (dentro dos limites da Via Láctea, por exemplo), o efeito causa uma separação angular entre as imagens da ordem de um microssegundo de arco (para

se ter uma ideia, isso equivale a dividir um ângulo de apenas um grau em um bilhão de partes iguais!). Essa separação não pode ser detectada nem mesmo com as mais avançadas tecnologias atuais – isso também responde à nossa pergunta sobre por que não vemos estrelas duplas fictícias no céu.

No entanto, mesmo sem ver as imagens duplas, podemos detectar o efeito de aumento do brilho. Em seu movimento pela galáxia, se houver um alinhamento quase perfeito entre observador, lente e fonte, esta última pode ser magnificada centenas de vezes. Esse é o efeito de microlentes gravitacionais.

Fenômeno semelhante ocorre para quasares distantes que sofrem o efeito de magnificação por estrelas em outras galáxias. Nesses casos, a separação angular típica é de milissegundos de arco, mas novamente o efeito pode ser detectado pela variação do brilho do quasar.

Agora, se as lentes são galáxias ou aglomerados de galáxias (que têm massas um bilhão ou até um trilhão de vezes maiores que as do Sol), é possível detectar a separação das imagens, os arcos ou os anéis. Esse é o chamado efeito de macrolente gravitacional.

Como a lente não é mais um objeto pontual, ela pode gerar mais de duas imagens – muitas vezes, são visíveis quatro imagens (figura 2C). Também podem ser gerados arcos (figura 2D). E, se a lente for quase esférica e o alinhamento entre observador, lente e fonte for quase perfeito, anéis de Chwolson-Einstein podem ser formados.

## FORTE E FRACO

Os efeitos de macro e microlentes gravitacionais são ditos fortes, porque produzem grandes magnificações, fortes distorções ou imagens múltiplas. Isso significa que, na prática, podem ser detectados para uma única fonte. Fenômenos fortes de lente gravitacional são raros, pois requerem que observador, fonte e objeto estejam não só muito separados uns dos outros, mas quase perfeitamente alinhados.

Por sua vez, o efeito fraco de lente gravitacional causa apenas leves distorções e uma pequena variação no brilho das fontes. Uma galáxia, por exemplo, teria sua aparência levemente rodada e seu tamanho ligeiramente aumentado. Como o tamanho e a orientação de cada galáxia não são conhecidos *a priori*, não é possível medir esse efeito para uma única fonte, sendo preciso observar grande número delas para se detectar esse efeito na média.

## A ERA DAS DESCOBERTAS

A primeira miragem gravitacional foi descoberta por acaso em 1979. A partir daí, as lentes gravitacionais colecionaram descobertas: arcos gravitacionais; anéis de Chwolson-Einstein; efeito de microlente em quasares; distorção fraca de lentes por aglomerados de galáxias; microlente de estrelas por objetos da nossa galáxia; efeito de lentes pela estrutura em grande escala do universo; descoberta de planetas extrassolares por

meio do efeito de microlente... A lista hoje é vasta, e voltaremos a falar um pouco sobre alguns de seus itens.

Nas três últimas décadas, vivemos a ‘era das descobertas’ com lentes gravitacionais, que passaram a ser usadas para sondar o universo.

Mas o que proporcionou essa sequência de descobertas e suas posteriores aplicações? Além do interesse científico, foram fundamentais avanços tecnológicos. Telescópios de grande porte situados em locais com excelentes condições atmosféricas têm sido capazes de detectar fenômenos de baixo brilho, distorções sutis e estruturas pequenas, características determinantes, por exemplo, para a detecção de arcos.

A captação das imagens é feita na forma digital com altíssima eficiência – esse mesmo tipo de tecnologia, os chamados CCDs, está hoje embutido nas câmaras fotográficas digitais.

Outro aspecto importante: o complexo tratamento computacional da imagem para corrigir todos os efeitos relativos à atmosfera e aos causados pelos próprios instrumentos, algo fundamental para a detecção da sutil distorção causada pelo efeito fraco de lente gravitacional. A análise computadorizada também permite avaliar com precisão o brilho de centenas de milhões de estrelas na busca do efeito de microlente – algo impensável na época em que Einstein apresentou sua conclusão pessimista!

## APLICAÇÕES DE INTERESSE

Por depender apenas da gravitação, o efeito de lente gravitacional é ideal para ‘pesar’ objetos astronômicos, independentemente de seu conteúdo luminoso. Por exemplo, a combinação entre observações da matéria visível e do efeito de lente gravitacional em galáxias e aglomerados fornece uma das evidências mais fortes sobre a presença de matéria escura, componente de natureza ainda misteriosa e responsável por um quarto da composição do universo – o restante do universo é formado por matéria ‘normal’ (5%) e energia escura (70%), esta última igualmente enigmática.

Outras aplicações das lentes gravitacionais: i) ao estudar propriedades das lentes, conseguimos determinar a estrutura de galáxias e aglomerados, algo fundamental para compreender a formação e a evolução desses objetos ao longo de história cósmica; ii) ao investigarmos as propriedades de fontes muito distantes, graças ao efeito de ‘telescópio gravitacional’, podemos entender a evolução das galáxias – por sinal, a observação de algumas das galáxias mais remotas conhecidas ocorreu devido à magnificação causada pelas lentes; iii) ao sondarmos a estrutura do universo em grandes escalas – por meio do efeito

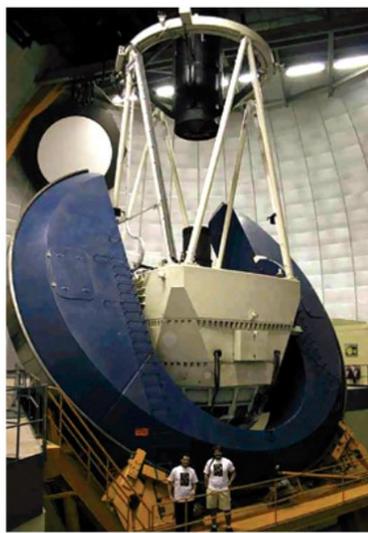


FOTO LUCAS WIENIECK

Figura 3. Abaixo, o Observatório Interamericano do Cerro Tololo (Chile). Ao lado, cúpula maior abriga o telescópio Blanco, com espelho de 4 m de diâmetro. Esse equipamento, instalado nos Andes, será utilizado pelo projeto Dark Energy Survey para mapear o céu, levando à descoberta de arcos gravitacionais



TIM ABOTT/CITIO

## SIMULAÇÃO E BUSCA DE ARCOS

O autor é membro do projeto Dark Energy Survey (DES) por meio do grupo DES-Brazil. Com Elizabeth Buckley-Geer, do Laboratório Nacional Fermi (Estados Unidos), coordena o Grupo de Estudos de Efeito Forte de Lente Gravitacional do DES. Na área de lentes, o DES-Brazil desenvolve infraestrutura computacional para modelar, simular, identificar e caracterizar arcos gravitacionais em imagens. O grupo é responsável pelas simulações de arcos gravitacionais no DES.

Também coordena o projeto Sogras (sigla, em inglês, para Levantamento de Arcos Gravitacionais com o Soar), que utiliza tempo destinado a pesquisadores brasileiros no telescópio Soar (Telescópio de Pesquisa Astrofísica do Hemisfério Sul) para buscar arcos em aglomerados de galáxias, e tem a participação de pesquisadores e alunos do Brasil e dos Estados Unidos.

fraco de lente, uma das formas mais 'limpas' e diretas para fazer isso –, obtemos informações fundamentais para a cosmologia, como a abundância de energia escura; iv) ao medirmos a defasagem temporal entre imagens múltiplas, é possível determinar a taxa de expansão do universo; v) ao buscarmos, por meio do efeito de microlente gravitacional, planetas menos massivos e mais distantes de suas estrelas do que aqueles detectados por métodos mais tradicionais, ajudamos na procura desses corpos com características semelhantes às da Terra.

## DA TERRA AO ESPAÇO

Apesar da vasta lista de descobertas e de aplicações na cosmologia e astrofísica, os fenômenos de lentes gravitacionais são difíceis de serem observados e, em muitos casos, raros. Para aumentar o número conhecido de arcos e imagens múltiplas, bem como permitir o mapeamento da distribuição de matéria em grandes escalas no universo, é necessário fazer imagens de alta resolução de vastas áreas do céu.

LSST CORPORATION

Figura 4. Concepção artística do telescópio LSST



Isso é precisamente o que será feito por grandes projetos observacionais que entrarão brevemente em operação.

Um dos objetivos da colaboração internacional Dark Energy Survey (DES) é o estudo das lentes gravitacionais. Formada por instituições norte-americanas e consórcios do Reino Unido, da Espanha e do Brasil, o DES mapeará uma vasta área (cerca de 1/8 de toda a esfera celeste) com um telescópio de espelho de 4m de diâmetro, situado na cordilheira dos Andes, no Chile (figura 3). Para isso, está sendo desenvolvida uma câmera extremamente sensível e de grande cobertura angular, com 500 megapixels (uma câmera fotográfica profissional de boa qualidade tem cerca de 20 megapixels).

O DES colherá seus primeiros dados científicos a partir de 2012. Com eles, milhares de arcos gravitacionais podem ser descobertos.

Em um futuro mais distante, o LSST (sigla em inglês para Grande Telescópio para Levantamentos Sinópticos), também no Chile, irá mapear uma área ainda maior e em mais profundidade que o DES. Espera-se que esse instrumento leve à descoberta de dezenas de milhares de arcos e quasares múltiplos – já há grupos brasileiros interessados em participar do projeto (figura 4).

A etapa seguinte é observar as lentes a partir do espaço. Até agora, os estudos mais detalhados foram feitos com o telescópio espacial Hubble, que, no entanto, tem área muito pequena para mapear a estrutura em grande escala e descobrir uma quantidade significativa de arcos. Futuras sondas espaciais dedicadas à cosmologia, como a JDEM (sigla, em inglês, para Missão Conjunta para a Energia Escura), da Nasa (agência espacial norte-americana), e o Euclid, da ESA (agência espacial europeia), prometem combinação sem precedentes entre área coberta e resolução angular, levando à descoberta de centenas de milhares de arcos.

Uma nova era começou: a das aplicações das lentes gravitacionais em quase todas as escalas astrofísicas. ■

### Sugestões para leitura

EINSENSTAEDT, J.; VIDEIRA, A. A. P. 'A prova cearense das teorias de Einstein'. *Ciência Hoje*, v. 20, n. 115 (1995).

### Na internet:

DES-Brazil (em português): <http://www.des-brazil.org/>  
LSST (em inglês): [http://www.lsst.org/lsst/public/dark\\_matter](http://www.lsst.org/lsst/public/dark_matter)  
Lentes gravitacionais (em inglês): <http://gravitationalensing.pbworks.com/>  
Semana de Matéria e Energia Escura (em português): <http://www.des-brazil.org/semana/>  
SOGRAS (em português e inglês): <http://www.icra.cbpf.br/sogras>

# Manguezais

## As florestas da Amazônia costeira

*Os manguezais da costa amazônica, distribuídos por Amapá, Pará e Maranhão, ocupam uma área de 9 mil km<sup>2</sup> e correspondem a 70% dos manguezais do Brasil. Os 679 km de linha de costa entre os estados do Pará e do Maranhão formam o maior cinturão contínuo de manguezais do mundo. Essas florestas de mangue com árvores de grande porte, situadas no litoral atlântico e recortadas por rios e canais de águas escuras e tranquilas, são o refúgio de diversas espécies de crustáceos, peixes, moluscos e aves marinhas. Os mangues amazônicos, porém, ainda são desconhecidos pela maioria dos brasileiros.*

**Moirah Paula Machado de Menezes e Ulf Mehlig**  
Instituto de Estudos Costeiros,  
Universidade Federal do Pará (campus de Bragança)

**Os manguezais, que ocorrem em todas as regiões costeiras tropicais e subtropicais do mundo, caracterizam-se pelo sedimento lamacento e salino, inundado diariamente pela maré. Sobre esse sedimento formam-se bosques de árvores que apresentam adaptações para sobreviver à salinidade e à inundação. Essas florestas peculiares têm grande importância ecológica porque são áreas de reprodução e atuam como berçários para várias espécies marinhas, em especial crustáceos e peixes, que encontram nas águas tranquilas e escuras o refúgio ideal para suas larvas e filhotes.**

Manguezal  
às margens  
do lago Jaburu,  
no rio Sucurijú,  
no Amapá

FOTOS: GEDRÁS PELOS AUTORES

As folhas das árvores do mangue que caem no sedimento são trituradas pelos pequenos caranguejos, entram em decomposição e são levadas pelas marés, servindo de alimento para pequenos organismos marinhos. Estes são consumidos por animais maiores, que por sua vez alimentam outros ainda maiores, os quais entram na dieta dos grandes peixes, consumidos pelos humanos. Essa sequência é chamada de cadeia alimentar. Os mangues, portanto, formam a base da cadeia alimentar marinha. As águas próximas aos manguezais são muito ricas em matéria orgânica, e é por isso que nessas águas os pescadores encontram grandes quantidades de peixes, crustáceos e moluscos.

Os mangues também são áreas de reprodução e descanso para aves costeiras e locais de depósito de sedimentos, e protegem a linha de costa, atenuando o impacto da erosão. Essa capacidade de proteção foi bastante destacada nos meios de

comunicação internacionais após o tsunami que, no final de 2004, causou grande destruição e cerca de 150 mil mortes em países banhados pelo oceano Índico. Em muitos desses países, grandes áreas de manguezais tinham sido eliminadas devido ao crescimento de cidades e para a implantação de praias e projetos de aquicultura. Estudos científicos provaram que, se os manguezais ainda existissem na costa, teriam absorvido parte do impacto das ondas gigantes e provavelmente diminuído a dimensão da tragédia.

Figura 1. Uma faixa de manguezais contínuos ocupa grande parte da costa norte brasileira, entre os estados do Pará e do Maranhão



## Manguezais na Amazônia

Os manguezais amazônicos (figura 1) formam verdadeiras florestas, com relatos de árvores de até 30 m de altura e 1 m de diâmetro (figura 2). O grande porte dessas árvores provavelmente resulta das temperaturas tropicais, da grande amplitude de marés e da costa muito recortada, com ondas suaves, condições consideradas ideais para o de-

Figura 2. Os manguezais amazônicos têm árvores de grande porte, como na baía de Marajó, no Pará



## ÁRVORES ESPECIALIZADAS

As principais árvores encontradas nos manguezais da Amazônia, adaptadas ao sedimento extremamente úmido e salobro ou salino, são o mangueiro ou mangue-vermelho (nomes dados na região a três espécies do mesmo gênero: *Rhizophora mangle*, *R. racemosa* e *R. harrisonii*), o mangue-siriba, siribeira ou mangue-branco (nomes dados às espécies, também do mesmo gênero, *Avicennia germinans* e *A. schaueriana*) e a tinteira, tinta ou mangue-preto (nome dado à espécie *Laguncularia racemosa*). O mangue-vermelho destaca-se por suas raízes-escoras, que partem do tronco em direção ao solo, em forma de arcos, e auxiliam na sustentação da árvore. O mangue-branco caracteriza-se por ter raízes que saem da lama, em forma de pontas verticais, em busca do oxigênio não encontrado no solo (essas raízes são chamadas de pneumatóforos). O mangue-preto, que também apresenta pneumatóforos, é facilmente reconhecido pelo pecíolo vermelho das folhas.

Todas as espécies de mangue apresentam viviparidade. Isso quer dizer que o fruto germina ainda preso na planta-mãe, produzindo uma estrutura denominada propágulo. Esse fenômeno garante a germinação das sementes antes que atinjam o ambiente salino do sedimento (figura 3). Dessas espécies, *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana* ocorrem em todo o litoral brasileiro, enquanto *A. germinans* é encontrada do Norte até o Rio de Janeiro e *R. racemosa* e *R. harrisonii* só vivem, no Brasil, em manguezais salobros da costa amazônica.

Figura 3. As árvores que só ocorrem no mangue pertencem a três gêneros: *Rhizophora*, que apresenta raízes laterais no tronco que servem como escoras (A), *Avicennia*, com raízes que emergem verticalmente da lama, buscando oxigênio (B) e *Laguncularia*, reconhecida pelos pecíolos vermelhos que conectam a folha ao ramo (C). As sementes dessas árvores germinam ainda presas à planta-mãe, produzindo o que é chamado de propágulo (na imagem D, propágulo de *Rhizophora*)



envolvimento desse ecossistema. Dependendo da influência das marés e da localização dos mangues no estuário, estes podem ser salinos ou salobros (com pouca influência de água salina).

Apesar do tamanho das árvores e da exuberância dos manguezais, existem apenas seis espécies de árvores consideradas exclusivas de mangue, ou seja, dominantes nesse ambiente. Essas espécies pertencem a apenas três gêneros: *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia* (ver 'Árvores especializadas'). Também são ocasionalmente encontradas no mangue algumas espécies associadas, como o chamado mangue-de-botão (*Conocarpus erecta*), bastante comum nas áreas de transição com outros tipos de vegetação, e a samambaia-do-mangue (*Acrostichum aureum*), presente em mangues salobros.

Muitas aves frequentam os mangues amazônicos, mas merecem destaque a garça (*Ardea alba*), o guará (*Eudocimus ruber*), com sua plumagem de um vermelho intenso, quando adulto, e diversas espécies de maçaricos (figura 4). As aves procuram o mangue

para reprodução, chegando a formar grandes ninhais, ou para encontrar alimento. Mamíferos (figura 5) também visitam o mangue em busca de alimento, destacando-se o guaxinim (*Procyon cancrivorus*), o tamanduá (*Tamandua tetradactyla*), o macaco-prego (*Cebus apella*), cuícas e morcegos. Diversos peixes, crustáceos e moluscos também cumprem ao menos parte de seu ciclo de vida nos mangues.

## Usos pelos humanos

Os manguezais e os humanos têm uma longa história de interação. Tribos pré-colombianas já utilizavam os recursos dos ecossistemas costeiros, entre eles os manguezais (ver 'Os vegetais na vida dos sambaquieiros', em CH nº 165). Com a chegada dos colonizadores europeus, experientes na exploração dos man-



Figura 4. Os manguezais amazônicos servem como refúgio para muitas espécies de aves, entre elas os guarás (*Eudocimus ruber*) (A) e garças (como as da espécie *Ardea alba*) (B), estas em revoadas em área de grande ninhal na ilha Canela, no Pará

guezais da África e da Ásia, e depois, com a chegada de escravos, o uso dos manguezais brasileiros intensificou-se. A extração de taninos (substâncias presentes na casca das árvores, empregadas para curtir couros e na medicina popular) e o corte das árvores para lenha foram alguns dos principais usos nos centros urbanos costeiros da época.

A população atual do litoral amazônico também utiliza os recursos dos manguezais para sua subsistência ou para obter renda. Animais como moluscos (mexilhões, ostras, turus) e crustáceos (camarões de diversas espécies, siris e o caranguejo-uçá) figuram entre os recursos mais explorados. Uma pesquisa realizada pelo projeto Manejo e Dinâmica de Manguezais (Madam), desenvolvido entre 1995 e 2005 em uma cooperação entre Brasil e Alemanha, mostrou que cerca de 80% das famílias rurais da região de Bragança, no nordeste do Pará, utilizam recursos diretos ou indiretos dos manguezais. Um censo realizado em 2003, pelo

mesmo projeto, mostrou que, somente naquele ano, foram retiradas 1.859 toneladas de caranguejos dos manguezais de Bragança, o que mostra a importância econômica desse ecossistema na vida da comunidade costeira. Além da captura de crustáceos e moluscos, destaca-se ainda a pesca (de várias espécies de peixes), muitas vezes feita não diretamente nos mangues, mas em canais de marés e nos rios das águas próximas.

Outro recurso do mangue bastante utilizado é a madeira, seja para construção rural (como esteio de casas), para estacas de currais de pesca ou para a produção de carvão. Hoje, o tanino retirado da casca dos troncos é utilizado para corar as redes de pesca e as velas dos barcos, assim como na indústria do curtume (figura 6). Os propágulos e as raízes das árvores do mangue são usados, em forma de chá, como remédio contra a diarreia. As comunidades também extraem mel de colmeias de abelhas selvagens que frequentam as flores do mangue-siriúba. Por isso, pequenos produtores têm implantado apiários em áreas próximas a manguezais. Outro recurso explorado é a lama do manguezal, utilizada por olarias.

## Impactos em manguezais

Até o momento, provavelmente por causa das grandes distâncias e das dificuldades de acesso, os manguezais amazônicos podem ser considerados bem preservados, se comparados aos de outras regiões do país (ver 'A riqueza ameaçada dos mangues', em CH nº 158). No entanto, mesmo na Amazônia, os mangues começam a perder espaço para a crescente e desordenada expansão urbana costeira, para o aumento do turismo e para a construção de estradas. A abertura de estradas em áreas de manguezal beneficia o acesso a cidades antes isoladas, mas interrompe a circulação das marés e traz outros riscos, como o atropelamento de animais silvestres.

Vilas resultantes de ocupação indevida e sem planejamento têm sido erguidas em palafitas sobre o mangue. Essas construções não oferecem condições de saneamento adequadas, e o lixo e os esgotos vão parar nos manguezais. Também são comuns impactos resultantes da extração de lama e de sal, da aquicultura, de atividades agrícolas e até de atividades industriais. O cultivo de arroz, aproveitando a irrigação natural em áreas de manguezais salobros (frequente na década de 1980), e o corte de madeira, para uso comercial ou de

FOTOS: CEDIDAS PELOS AUTORES



FOTOS CÉCIDAS PELOS AUTORES

subsistência, também contribuem para degradar os manguezais. A pesca predatória, seja com o cipó-timbó (que, jogado na água, libera uma substância que mata os peixes), com redes de malha fina ou em períodos de reprodução, e a captura de fêmeas ovadas de crustáceos têm sido práticas constantes. A retirada excessiva de caranguejos, sem considerar tamanho ou sexo, tem levado à redução da quantidade e do tamanho dos caranguejos dos manguezais amazônicos.

O rápido crescimento demográfico da região costeira, principalmente no Pará, de acordo com o Censo Brasileiro de 2000, começa a pôr em estado de alerta a comunidade científica e os ambientalistas, que buscam alternativas de uso racional dos recursos, antes que se esgotem. Embora estejam em bom estado de conservação, os manguezais da região podem ser considerados sob pressão, pelo constante aumento da exploração de seus recursos. Alternativas têm sido tentadas, como a criação de Reservas Extrativistas Marinhas (Resex) por parte do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Bons exemplos, como acordos de pesca, também têm surtido efeito no controle dos locais de pesca e do tamanho da malha das redes, e pequenos projetos

Figura 6. Alguns recursos vegetais do mangue são utilizados pelas comunidades, como os troncos dessas mesmas espécies, cortados para a construção de casas e outros usos, e a casca das árvores do mangue-vermelho, retirada para extração de tanino (no detalhe)

Figura 5. Muitos mamíferos frequentam o mangue, em busca de alimentos, como a cuíca (*Micoureus demerarae*, em galho de *Rhizophora*) (A) e o tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*, em galho de *Laguncularia*) (B)

de parceria entre setores técnicos, científicos e sociais começam a ser implantados e a mobilizar comunidades.

Entretanto, são necessárias medidas governamentais e sociais, como informação, discussão e aplicação das leis que proíbem a pesca ou captura de diversas espécies em períodos de reprodução e acelerar a elaboração e implantação dos planos de manejo das reservas extrativistas já criadas. Além disso, o gerenciamento costeiro regional deve orientar o crescimento urbano e o uso do espaço nas cidades costeiras. É preciso, antes de tudo, que governo e sociedade despertem para a realidade de que nossos recursos naturais são finitos e de que o uso e aproveitamento de áreas costeiras devem ser planejados, respeitando os limites humanos e ambientais. Só assim será possível garantir o espetáculo de beleza das florestas de mangue da Amazônia costeira. ■



#### Sugestões para leitura

- MENEZES, M. P. M.; BERGER, U. & MEHLIG, U. 'Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from the coast of Pará and Maranhão states, north Brazil', in *Acta Amazônica*, v. 38(3), p. 403-2008.
- SOUZA-FILHO, P. W. 'Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos', in *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 23(4), p. 427, 2005.
- VANUCCI, M. *Os manguezais e nós: uma síntese de percepções*. São Paulo, Edusp, 1999.



# ARTE E CIÊNCIA

## O CUBISMO E A TEORIA DA RELATIVIDADE

*A nova visão de mundo surgida no início do século 20 com o anúncio da teoria da relatividade de Albert Einstein e do conceito de espaço-tempo quadridimensional de Hermann Minkowski mexeu com o imaginário popular da época e influenciou até as artes plásticas. Ideias revolucionárias como as trazidas por esses cientistas e, mesmo antes, pela descoberta das geometrias não euclidianas, serviram como estopim para o movimento cubista, que levou pintores como Pablo Picasso, Georges Braque e outros a inventar uma estética multidimensional, mudando para sempre os rumos da arte.*

**José Marcos Romão da Silva**

Departamento de Artes e Representação Gráfica,  
Universidade Estadual Paulista (campus de Bauru)  
romaounespbauru@hotmail.com.br

**A teoria da relatividade especial**, formulada pelo físico alemão Albert Einstein (1879-1955), despertou grande curiosidade ao ser divulgada em 1905, mesmo entre a população comum. Essa teoria, que revolucionou o entendimento dos fenômenos fundamentais que envolvem a matéria e a energia e lançou as bases da física atual, fundamentava-se em dois princípios: o da relatividade, segundo o qual as leis físicas são as mesmas para todo observador inercial (ou seja, em repouso ou com movimento uniforme, sem aceleração), e o da invariância da velocidade da luz, segundo o qual esta tem o mesmo valor para todo observador inercial.

Um conceito derivado desses dois princípios básicos é o de que o tempo seria uma dimensão adicional às três dimensões do espaço. A indissociabilidade espaço-tempo, porém, só seria formalizada em 1908, em trabalho do matemático lituano Hermann Minkowski (1864-1909), que havia sido professor de Einstein na Suíça. Hoje, o chamado espaço-tempo quadridimensional de Minkowski é

o cenário onde ocorrem os fenômenos físicos fundamentais. Essa nova visão do universo, além de abrir caminho para muitas descobertas científicas, atizou o imaginário da sociedade da época e ficou popularmente conhecida – ainda que de modo inadequado – como ‘quarta dimensão’.

No espaço-tempo quadridimensional, o caráter absoluto da velocidade da luz torna relativas as demais medidas, tanto as que definem o espaço quanto as que definem o tempo. Como a velocidade da luz é sempre igual, a distância e a duração de qualquer evento serão determinadas, para cada observador, conforme a velocidade relativa entre o observador e o evento. Para dois observadores que estejam se movendo em velocidades distintas, por exemplo, um mesmo evento acontecerá a distâncias e com durações diferentes. O tempo e o espaço, portanto, perdem suas naturezas distintas nessa nova estrutura conceitual, integrando-se em um *continuum* espaço-temporal – o que os leigos, no início do século passado, chamaram de quarta dimensão. ▶

Figura 1.  
O quadro *Les demoiselles d'Avignon* (As senhoritas de Avignon), de Pablo Picasso, de 1907, é considerado a obra inicial do movimento cubista



## A QUARTA DIMENSÃO

O conceito de espaço e tempo como dimensões entrelaçadas despertou grande interesse porque a ideia de uma quarta dimensão já era assunto em discussão desde meados do século 19, quando foram lançadas as teorias matemáticas denominadas geometrias não euclidianas. Esse nome reúne as formulações de diferentes cientistas, entre os quais destacam-se o alemão Georg F. Bernhard Riemann (1826-1866) e o russo Nikolai I. Lobatchevski (1792-1856), que contrariaram os princípios da chamada geometria euclidiana, estabelecidos desde o século 3 a.C. por Euclides de Alexandria (360 a.C.-295 a.C.).

Ainda hoje ensina-se nas escolas, por exemplo, que, de acordo com a geometria euclidiana, a soma dos ângulos internos de um triângulo é sempre 180 graus. O que foi descoberto no século 19 é que isso só é válido para superfícies planas. Na geometria de Riemann, essa soma será sempre superior a 180 graus, pois nesse caso o triângulo estará situado em

uma superfície convexa (como a superfície externa de uma esfera), com curvatura positiva. Já na geometria de Lobatchevski (1792-1856), a soma dos ângulos internos de qualquer triângulo será sempre inferior a 180 graus, pois esse triângulo estará inscrito em uma superfície côncava (como a superfície interna de uma esfera), com curvatura negativa.

O surgimento das geometrias não euclidianas encerrou o primado da concepção clássica de espaço, já que elas induzem a contestar a própria noção comum de um espaço tridimensional. Na verdade, a ideia da existência de uma quarta dimensão espacial (diferente da quarta dimensão de Minkowski, o tempo) havia sido formulada também no século 19, por matemáticos como o francês Esprit P. Jouffret (1837-?) e o britânico Charles H. Hinton (1853-1907). Para eles, o espaço poderia ter quatro, cinco ou  $n$  dimensões. Assim, na época da publicação da teoria da relatividade especial, a 'quarta dimensão', que já frequentava o imaginário popular, passou a ser associada às teorias de Einstein e Minkowski.

A associação entre os conceitos trazidos pelas geometrias não euclidianas, que fugiam ao senso comum, e uma teoria científica revolucionária instigou intensamente a curiosidade das pessoas, mesmo que as diferenças, entre diferentes observadores, nas medidas de distância e duração de um evento não sejam perceptíveis na vida cotidiana. Nesse caso, as diferenças são infinitesimais e, portanto, desprezíveis. Elas só se tornam perceptíveis se um observador estiver em repouso e o outro estiver se movendo em velocidade próxima à da luz.

## NOVAS IDEIAS NOS ATELIÊS

O modo como esse assunto mobilizou a imaginação popular e a dos artistas em particular foi descrito pelo poeta e crítico de arte francês Guillaume Apollinaire (1880-1918). No livro *Les peintres cubistes (Os pintores cubistas)*, de 1913, Apollinaire enfatizou: “Hoje os cientistas não se atêm às três dimensões da geometria euclidiana. Os pintores foram levados muito naturalmente, por intuição, a se preocuparem com novas medidas da extensão que, na linguagem dos ateliês modernos, designávamos em conjunto e sumariamente com o termo quarta dimensão.”

Diante dessa afirmação, cabe indagar por que conceitos científicos de tão difícil compreensão despertaram toda essa curiosidade no início do século 20. O mais provável é que a causa de tanta excitação tenha sido o clima de efervescência cultural que predominava na época, já que, entre o final do século 19 e os anos iniciais do século 20, uma sequência impressionante de avanços tecnológicos provocou efeitos que alteraram radicalmente o ritmo de vida das pessoas.

Alguns desses avanços foram: (1) os novos insumos tecnológicos à produção mecanizada, como o motor a combustão interna, o motor a diesel e a turbina a vapor; (2) as novas fontes de energia, como a eletricidade, o óleo e o petróleo; (3) os novos meios de transporte, como o automóvel, o ônibus a motor e o avião; (4) os novos aparelhos de comunicação, como telefone, gravador e máquina de escrever; (5) e os novos materiais de construção, como o concreto armado.

Tais inovações levaram, em curto espaço de tempo, ao surgimento de um novo habitat para o ser humano: o das grandes metrópoles industrializadas, como Londres, Paris e Berlim. Isso provocou profundas transformações no ritmo de vida das pessoas, alterando a sensibilidade e a consciência humanas, tanto em relação ao tempo em que viviam quanto em relação às perspectivas futuras.

Foi nesse ambiente de excitação, em função das sucessivas transformações, que muitos artistas se empenharam para descobrir, no âmbito de suas realizações artísticas, soluções plásticas análogas aos novos conceitos científicos. Entre eles destacaram-se os cubistas, um grupo de pintores que dominou a cena artística parisiense entre 1907 e 1914 e que teve como seus principais expoentes o espanhol Pablo Picasso (1881-1973) e o francês Georges Braque (1882-1963).

Mas, afinal, como representar, com os recursos artísticos da época, fenômenos que só podiam ser abordados por meio de complexas fórmulas matemáticas, como o conceito de quadridimensionalidade? A solução encontrada pelos cubistas, no caso, foi recorrer ao conceito de quarta dimensão oriundo das geometrias não-euclidianas e de ideias anteriores. O francês Jean Metzinger (1883-1957), pintor e teórico do cubismo, relata no livro *Le cubisme était né (O cubismo nasceu)*, publicado em 1913, que coube ao matemático Maurice Princet (1875-1973), também francês, expor aos artistas esse conceito: “Com frequência, Maurice Princet juntava-se a nós. (...) era como artista que ele concebia as matemáticas, era como esteta que evocava os contínuos de ‘n’ dimensões. Adorava despertar o interesse dos pintores para as novas ideias sobre o espaço (...). E ele conseguia nos interessar (...). Quanto a Picasso, a rapidez de sua compreensão maravilhava o especialista.”

## MÚLTIPLAS DIMENSÕES NA ARTE

Para uma melhor compreensão da inovação estilística gerada, na pintura, pela introdução da ideia de ‘n’ dimensões citada por Metzinger em seu livro, é conveniente apresentar um breve histórico da evolução da arte cubista, a partir do quadro tido como a obra fundadora do movimento, *Les demoiselles d'Avignon (As senhoritas de Avignon)*, pintada por Picasso em 1907 (figura 1). Embora inspirado na arte primitiva, tanto a ibérica quanto a africana, o que pode parecer contraditório com sua associação a conceitos científicos modernos, esse quadro – mais especificamente a figura feminina sentada, no lado direito – foi de fato o estopim que deflagrou a revolução cubista.

Observando atentamente essa figura, nota-se que está representada de costas, com as pernas abertas e paralelas ao plano da tela, mas sua face está voltada para o espectador, ou seja, formando um ângulo de 180 graus em relação à posição das pernas. Além disso, sob o seu braço esquerdo, que está apoiado no joelho, vê-se parte de um dos seios, indicando que o tórax está representado em outro ângulo, diferente da posição das pernas e do rosto.

Portanto, três pontos de vista diferentes concorrem para a composição dessa figura feminina. É como se ▶

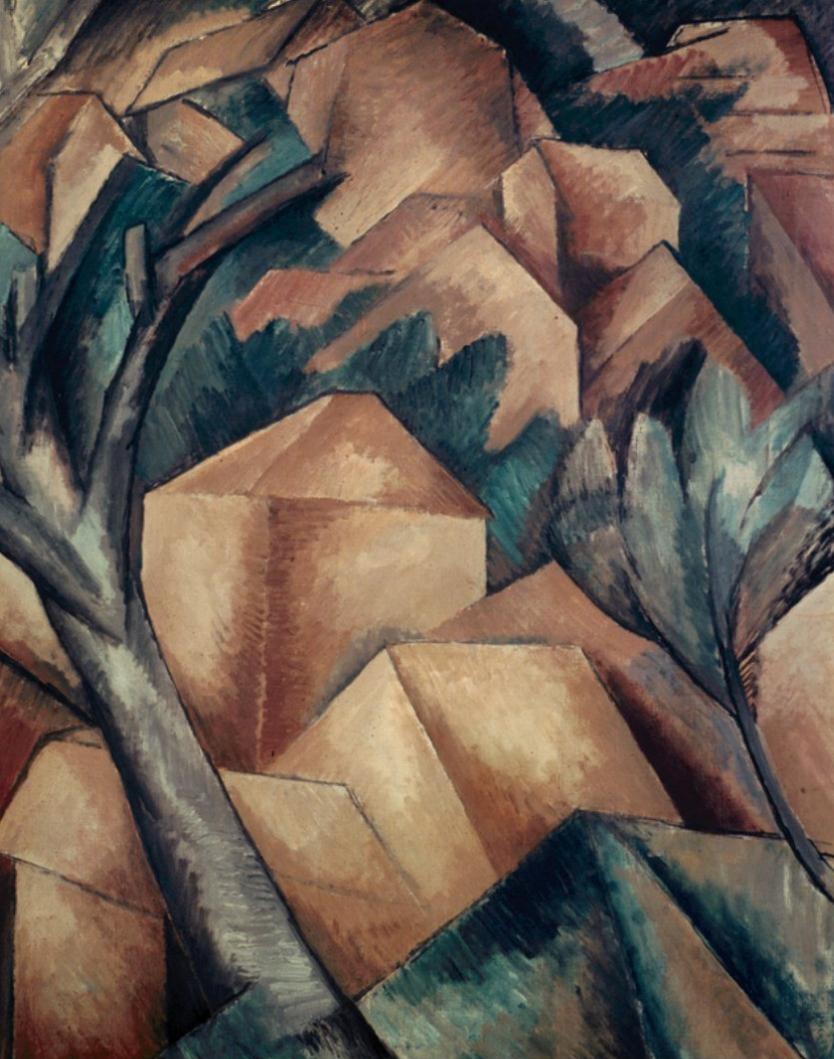


Figura 2. Na pintura *Maisons de L'Estaque* (*Casas de L'Estaque*), de 1908, Georges Braque aplicou as ideias cubistas a toda a composição

o artista a tivesse representado a partir de vários ângulos diferentes, oferecendo ao espectador a oportunidade de conhecer aspectos que só seriam visíveis caso este pudesse se movimentar em torno da figura ou se ela pudesse ser girada à sua frente. Em ambas as hipóteses, impõe-se a noção de movimento como elemento estruturante da figura representada.

O quadro *Les demoiselles d'Avignon* não foi exibido em público durante anos, sendo conhecido apenas pelo círculo de pessoas que frequentavam o ateliê de Picasso. Entre esses frequentadores, um dos mais assíduos era Georges Braque, pintor a quem coube dar o passo seguinte em direção ao cubismo.

De fato, através de paisagens pintadas em 1908 na então vila de pescadores de L'Estaque, perto de Marselha, no sul da França, Braque expandiu o uso de recursos a diferentes pontos de vista simultâneos originários da obra de Picasso, aplicando essa ideia a toda a composição, como se pode observar na pintura *Maisons de L'Estaque* (*Casas de L'Estaque*) (figura 2). A partir daí, entre os dois artistas estabeleceu-se uma fecunda parceria, mantida através de anos pelas constantes visitas que um fazia ao ateliê do outro para trocar ideias sobre as novidades que iam sucessivamente introduzindo em suas pinturas.

Em 1909 ocorre o encontro dos pintores com Princet, responsável por despertar nos mesmos o

interesse pelas geometrias não euclidianas, particularmente pelo conceito de multidimensionalidade. Este, ao ser introduzido na pintura por ambos, provocou profundas transformações no estilo que até então praticavam, o que é possível constatar na obra *Violon et cruche* (*Violino e jarro*), pintada por Braque entre 1909 e 1910.

O simultaneísmo, associado a certa tendência à geometrização das formas, soma-se agora à ênfase na multiplicidade dos planos, que tanto emergem em direção ao espectador quanto mergulham em sentido contrário, interpenetrando-se. Os objetos são diluídos em um turbilhão de volumes geométricos, gerando um efeito de virtual indistinção entre os espaços e os objetos que o ocupam.

Para ter uma ideia mais clara do grau de inovação dessa concepção espacial, basta comparar a representação de um violino no quadro *Violon et cruche*, de Braque, com a de outro instrumento musical no quadro *Die Gesandten* (*Os embaixadores*) (figura 3), pintado em 1533 pelo alemão Hans Holbein (1497-1543). Nesse caso, tanto o instrumento musical quanto os demais objetos estão criteriosamente dispostos em um espaço tridimensional, semelhante a uma prateleira, que poderia estar vazio ou conter outros objetos. Ou seja, não há uma relação de dependência entre os objetos e o espaço onde estão.

O mesmo não se pode afirmar a respeito de *Violon et cruche*, de Braque. Ao contrário, nessa obra o objeto e o espaço estão em total interdependência, a tal ponto que é praticamente impossível distinguir os limites entre ambos. Conforme observa o físico teórico norte-americano Lee Smolin, “o espaço não é algo separado das coisas que existem – é apenas um aspecto das relações que existem entre elas”. Ora, é exatamente esse tipo de associação relacional que a obra de Braque é capaz de suscitar, pois tanto os objetos quanto o espaço são desdobrados em uma miríade de planos e volumes que compõem um jogo inextricável de múltiplas relações.

## DIÁLOGO ARTE-CIÊNCIA

É essa nova concepção de representação artística, presente nas obras cubistas criadas por Braque e Picasso entre 1909 e 1912, que pode ser associada ao conceito de indissociabilidade espaço-temporal concebido por Minkowski. Ou seja, à medida que a descrição ou a narrativa literais, comuns à pintura praticada até então e que estão associadas à dimensão temporal, são substituídas pela imersão dos objetos ou fatos na dimensão espacial, dá-se no âmbito pictórico um fenômeno idêntico àquele que Minkowski conceituou como quadridimensionalidade.



Figura 3. O conceito de múltiplas dimensões está bem representado no quadro *Violon et cruche* (*Violino e jarro*), à esquerda pintado por Georges Braque entre 1909 e 1910, e a comparação dessa representação de um instrumento musical com a que aparece na pintura *Die Gesandten* (*Os embaixadores*), de Hans Holbein, de 1533, evidencia os novos conceitos introduzidos pelo cubismo

dade (ou ‘quarta dimensão’, no imaginário popular) ao considerar o tempo uma dimensão complementar às três dimensões espaciais.

Assim, da mesma forma que os pintores italianos renascentistas adotaram a perspectiva como o meio mais adequado à representação do mundo daquela época, não é leviano falar em uma quarta dimensão quando se pensa no modelo concebido pelos cubistas para representar um mundo agora confrontado com a teoria da relatividade. Até o lançamento das ideias de Einstein as três dimensões pareciam suficientes, mas a partir da relatividade abriram-se, segundo escreveu em 1985 o filósofo francês Paul Virilio, “outras possibilidades de introduzir novas variáveis”. Para Virilio, “é então que os hipervolumes e os hiperespaços generalizam as noções habituais até aí, de volume e de plano”.

Portanto, não é a referência a grandezas da magnitude da velocidade da luz que permite relacionar a representação cubista com as teorias de Einstein, mas sim suas consequências sobre a natureza do espaço e do tempo. Ou seja, o interesse dos cubistas pelas novas teorias científicas estava mais voltado para a noção de quarta dimensão e para a possibilidade da introdução desta na representação artística, por meio do recurso às geometrias não euclidianas.

Afinal, o próprio Minkowski declarou, em 1908: “De agora em diante, o espaço e o tempo por si próprios estarão fadados a se tornar meras sombras, e

somente uma espécie de união dos dois preservará uma realidade independente (...). Não teremos mais no mundo o espaço, mas um número infinito de espaços, assim como há no espaço tridimensional um número infinito de planos. A geometria tridimensional se torna um capítulo da física quadridimensional”.

Ao ser introduzido em seus quadros pelos pintores cubistas, o conceito de quarta dimensão foi fundamental na determinação do modo como abordaram a partir de então a dimensão temporal em suas obras, pois o tempo passa a ser expresso não mais por meio das posições sucessivas de um corpo em movimento ou do deslocamento de um hipotético observador em relação ao mesmo, mas sim como manifestação das inter-relações que definem o espaço.

A pintura cubista, portanto, é o testemunho eloquente do diálogo travado entre arte e ciência nos primeiros anos do século 20, fruto do entusiasmo gerado pela formidável sequência de descobertas científicas ocorridas nesse período, de tal modo que, segundo o filósofo francês Luc Ferry, “os pintores tinham a sensação de que uma nova era da ciência vinha legitimar uma nova era da pintura”. E se tal expectativa foi em grande parte revertida pela eclosão do confronto mundial em 1914, não há dúvida de que as inovações estéticas do cubismo constituíram os fundamentos daquela que seria a linguagem por excelência da cultura moderna: a linguagem do espaço-tempo.

#### Sugestões para leitura

- APOLLINAIRE, G. *Les peintres cubistes*. Paris, Hermann, 1993.
- FERRY, L. *Homo aestheticus*. São Paulo, Editora Ensaio, 1994.
- METZINGER, J. *Le cubisme était né*. Paris, Édition Présence, 1972.
- SCHAPIRO, M. *A unidade da arte de Picasso*. São Paulo, Cosacnaify, 2002.
- SMOLIN, L. *Três caminhos para a gravidade quântica*. Rio de Janeiro, Rocco, 2002.
- IRILIO, P. *‘L’ordre du jour’, in Baudson, M. (org.), L’art et le temps*. Bruxelas, Albin Michel, 1984.

# Dupla comemoração

**A** Federação de Sociedades de Biologia Experimental (Fesbe) soma-se este ano a outras entidades científicas na celebração do bicentenário do nascimento do naturalista britânico Charles Darwin (1809-1882) e dos 150 anos de *A origem das espécies*, obra em que ele apresentou sua teoria da evolução. Quase 3 mil pesquisadores estiveram em Águas de Lindoia (SP) entre os dias 19 e 22 de agosto para participar da 24ª Reunião Anual da Fesbe, que reverenciou esse cientista que revolucionou a biologia. “Darwin foi sem dúvida o maior biólogo de todos os tempos”, destaca o presidente da entidade, o neurofisiologista Luiz Eugênio Araújo de Moraes Mello, da Universidade Fe-

deral de São Paulo (Unifesp).

A Fesbe também comemora sua boa atuação na decisão de aspectos regulatórios da atividade científica. Mello destaca os progressos no direito de acesso à biodiversidade, especificamente em relação à permissão ao pesquisador para coletar material biológico. “Está havendo um processo de revisão dessa legislação, que ainda está aquém do satisfatório.”

Além disso, o pesquisador cita avanços na regulamentação da experimentação animal. Após a aprovação da chamada Lei Arouca, no ano passado, está prestes a ser criado o Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (Concea), que será responsável por credenciar instituições para

criação e utilização de animais destinados a fins científicos e estabelecer normas para seu uso e cuidado. “Teremos um ambiente mais estável para alcançarmos padrões adequados de ética em experimentação animal”, avalia Mello.

A importância desse tema ficou clara na conferência de abertura da reunião, feita pelo pesquisador norte-americano Michael Conn, da Universidade de Saúde e Ciência do Oregon, nos Estados Unidos. Ele falou sobre a ética na experimentação animal e o extremismo de alguns grupos contrários ao uso de animais em pesquisas, que chegam a cometer atentados violentos contra cientistas.

Veja a seguir alguns destaques da 24ª Reunião Anual da Fesbe.

## Máquina comandada pelo cérebro

O neurocientista brasileiro Miguel Nicolelis, da Universidade Duke (Estados Unidos) e do Instituto Internacional de Neurociências de Natal, apresentou seu projeto de criar próteses robóticas para pessoas com dificuldades motoras. Conectados diretamente ao cérebro, esses artefatos seriam capazes de restaurar artificialmente os movimentos de pessoas com algum tipo de lesão que impeça a comunicação entre os neurônios e os músculos.

Nicolelis mostrou um esboço de uma veste que está sendo desenvolvida pelo pesquisador Gordon Cheng, dos Laboratórios de Neurociência Computacional em Kioto (Japão), e irá per-

Estudos conduzidos pelo neurocientista brasileiro Miguel Nicolelis darão origem a uma veste robótica que permitirá que pessoas com paralisia voltem a caminhar a partir da captação de seus sinais cerebrais

mitir que pessoas com paralisia possam voltar a caminhar apenas com a força de seu pensamento. Para isso, eletrodos implantados no cérebro da pessoa emitiriam sinais para um dispositivo que os transmitiria para a veste, uma espécie de esqueleto externo, que então faria as pernas e os braços se moverem. “Será possível realizar continuamente e em tempo real os desejos motores que o cérebro continua a ter”, resume o neurocientista.

O sistema está sendo desenvolvido por Nicolelis com base no conhecimento sobre a interface entre cérebro e máquina obtido em experiências com macacos. Em 2008, os sinais cerebrais emitidos por uma macaca enquanto ela caminhava ereta em uma esteira nos Estados Unidos foram usados para comandar os movimentos de um robô humanoide – também criado por Cheng – no Japão. Os sinais foram transmitidos através de uma conexão de internet de alta velocidade. “O tempo entre o pensamento do macaco e o movimento do robô foi de 25 milissegundos, menor do que o tempo que o nosso cérebro leva para movimentar a tibia”, destaca o pesquisador, manifestando o desejo de que a primeira pessoa a usar a veste e se beneficiar de seu trabalho seja um brasileiro.



## O duplo papel do exercício físico

A prática de exercícios não traz apenas o benefício de promover o gasto de energia. Uma pesquisa com ratos realizada na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) mostra que a atividade física também é capaz de diminuir o consumo de alimentos por obesos.

O professor de educação física Eduardo Ropelle, que realizou o estudo orientado pelo médico José Barreto, ambos do Laboratório de Investigação Clínica em Resistência à Insulina, da Unicamp, explica que a obesidade provoca uma inflamação de baixa intensidade em uma região do cérebro chamada hipotálamo, que, entre outras funções, está envolvida no controle da saciedade. Esse processo inflamatório faz com que o hipotálamo torne-se resistente à ação da insulina e da leptina, hormônios que, em pessoas saudáveis, penetram nesse tecido cerebral e sinalizam a redução do consumo de alimentos.



Testes feitos com ratos magros e obesos mostraram que apenas uma sessão de três horas de exercício é suficiente para que a ingestão de alimentos nos animais obesos diminua aos mesmos níveis observados nos animais magros

O estudo, vinculado ao Instituto Nacional de Obesidade e Diabetes, mostrou que a atividade física reduz a inflamação no hipotálamo de obesos e restaura a sensibilidade dos neurônios dessa região à insulina e à leptina. Para chegar a essa conclusão, a equipe submeteu 34 ratos magros e obesos a duas sessões de três horas de exercício com 45 minutos de intervalo entre elas. “Com apenas uma sessão, a ingestão alimentar dos ratos obesos foi reduzida aos

níveis observados nos ratos magros”, conta Ropelle.

Segundo o pesquisador, esse resultado deve-se à ação da proteína Interleucina-6, produzida localmente no hipotálamo em resposta ao exercício físico. “A Interleucina-6 aumenta a produção de Interleucina-10, uma proteína anti-inflamatória”, diz Ropelle. Ele destaca a importância dessas descobertas: “Até hoje nenhuma terapia havia sido capaz de reverter a inflamação hipotalâmica.”

## Terapia celular pioneira

Uma equipe da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) acaba de realizar com sucesso o primeiro transplante de células-tronco para tratar doença pulmonar. O procedimento foi feito em um paciente com silicose, doença sem cura nem tratamento que causa insuficiência pulmonar e afeta mais de 6 milhões de pessoas no Brasil.

A silicose é causada pela inalação do pó de sílica, um dos óxidos mais abundantes da crosta terrestre e que ocorre na forma de areia, pedra, quartzo, entre outras. As vítimas, em sua maior parte, são trabalhadores da construção civil, mas a doença também afeta empregados da mineração, do garimpo e de indústrias de transformação de minerais, metalúrgica, química, de borracha, de cerâmica e de vidro.

A primeira fase de testes clínicos da terapia celular para a doença foi iniciada no dia 20 de agosto e noticiada durante a reunião da Fesbe. O primeiro paciente recebeu um implante de células-tronco retiradas de sua própria medula óssea e injetadas diretamente no pulmão através de um aparelho introduzido pela boca do paciente. “É o primeiro procedimento desse tipo no mundo e podemos considerá-lo

um sucesso”, destaca o coordenador do estudo, o biofísico Marcelo Morales, do Instituto de Biofísica da UFRJ. Todo o processo foi realizado em um único dia no Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, da UFRJ, e nesse mesmo dia o paciente já estava comendo e falando.

A equipe vai repetir o procedimento – que envolve a injeção de 30 a 700 milhões de células-tronco – em outros nove pacientes com silicose. Os voluntários serão acompanhados por um ano para avaliar a segurança do método. Em uma próxima fase, 50 pacientes receberão o transplante para que seu estado clínico seja avaliado. Por fim, a pesquisa reunirá mil pacientes de vários estados para verificar a eficácia da terapia em humanos.

Em testes com ratos e camundongos, a terapia celular foi capaz de impedir a progressão da silicose, o que melhora a qualidade e a expectativa de vida. “Se tudo der certo e se continuarmos recebendo verbas, acredito que daqui a quatro ou cinco anos a terapia chegue à população”, prevê Morales, destacando que o estudo abre uma nova perspectiva para o tratamento de doenças respiratórias no Brasil, como a asma e a síndrome do desconforto respiratório agudo.

## Células-tronco contra doença renal

O uso da terapia celular contra doenças renais também está mostrando resultados animadores. Ratos com sintomas semelhantes aos da insuficiência renal crônica, doença caracterizada pela perda progressiva da capacidade dos rins de filtrar o sangue, receberam células-tronco extraídas da medula óssea de roedores saudáveis e recuperaram a função do órgão. A pesquisa foi realizada por pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP).

Para simular a doença, 30 ratos foram submetidos a cirurgias para deixá-los com apenas 20% da função renal, condição que, em humanos, gera a necessidade de diálise. Então, a equipe adotou duas estratégias diferentes de tratamento: 10 animais receberam uma injeção com células-tronco 15 dias após a cirurgia e outros 10 receberam três aplicações (no 15º, no 30º e no 45º dias). As injeções, aplicadas na cauda dos animais, continham 2 milhões de células-tronco. O restante dos roedores não foi tratado.

Os testes mostraram que as células-tronco injeta-

das na veia da cauda dos animais doentes se deslocam para os rins e os pulmões (que também apresentam alterações em pacientes renais crônicos). Os ratos foram avaliados 60 e 120 dias após o tratamento. Segundo a médica Lucia Andrade, da Faculdade de Medicina da USP, na primeira avaliação vários índices já indicavam uma melhora no estado clínico dos roedores. Depois de quatro meses, eles tiveram uma recuperação da função renal, que atingiu 50% da sua capacidade de filtração. Em humanos, essa condição permite levar uma vida normal, com dieta e acompanhamento médico.

Os pesquisadores acreditavam que o tratamento com três aplicações de células-tronco fosse surtir um efeito maior, mas os resultados das duas estratégias terapêuticas foram iguais. Já os ratos não tratados permaneceram com 20% da função renal. “O índice de mortalidade foi maior nesse grupo”, completa Andrade. Agora a equipe vai começar a testar a terapia celular em cachorros para depois passar para os testes em humanos.

## Substância promissora no combate ao câncer

Uma substância presente na saliva do carrapato-estrela (*Amblyomma cajennense*) pode dar origem a um fármaco para combater diversos tipos de câncer. Pesquisadores do Instituto Butantan, em São Paulo, descobriram nessa secreção uma proteína que, além de apresentar atividade anticoagulante, é capaz de eliminar tumores.

Para o estudo, o grupo produziu artificialmente a proteína – chamada Amblyomin-X – a partir de genes clonados inseridos na bactéria *Escherichia coli*.

Testes com elementos sanguíneos verificaram sua atividade anticoagulante. “Vimos que ela inibe o fator X ativado, uma espécie de pivô da coagulação”, conta a farmacêutica bioquímica Ana Marisa Chudzinski-Tavassi, diretora do Laboratório de Bioquímica e Biofísica do Instituto Butantan.

Como a Amblyomin-X é parecida com uma proteína humana cuja atividade na proliferação celular já havia sido detectada, os pesquisadores decidiram testá-la em células normais e tumorais (entre elas, de pâncreas, pele, mama e rins) de camundongos e humanos. “Constatamos que a proteína não tinha atividade tóxica nas células normais e induzia a morte das células tumorais”, diz Chudzinski-Tavassi. A pesquisadora explica que essa ação antitumoral ocorre porque a proteína inibe a ação de uma estrutura chamada proteossoma, responsável pela proliferação celular.

Em testes com camundongos com melanoma, a administração da proteí-

na por 24 horas já foi suficiente para induzir a morte das células tumorais. “Com 42 dias de tratamento, houve a eliminação completa do tumor”, destaca a farmacêutica. Após o tratamento, os animais foram acompanhados e permaneceram saudáveis. Nos camundongos não tratados, houve 100% de óbito em 30 dias. “O mesmo tumor cresceu muito, provocou uma anemia profunda nos animais e evoluiu para a morte”, acrescenta.

Segundo Chudzinski-Tavassi, não foram observados efeitos colaterais nos camundongos, como queda de pêlo, perda de peso ou debilitação do sistema imunológico. “Embora a proteína seja anticoagulante, os animais também não sofreram hemorragia”, afirma. “Temos resultados bastante promissores, que podem evoluir para o desenvolvimento de um fármaco”, completa a pesquisadora, ressaltando que agora é necessário realizar testes pré-clínicos.

### Thaís Fernandes

Especial para *Ciência Hoje/RJ*

\*A jornalista viajou para Águas de Lindoia a convite da Fesbe



Pesquisadores do Instituto Butantan encontraram uma proteína presente na saliva do carrapato-estrela com ação anticoagulante e antitumoral

TECNOLOGIA AMBIENTAL Telhado verde é alternativa para economizar eletricidade

# Uso sustentável de energia

Os prejuízos ambientais provocados por ações humanas tornaram-se uma das principais preocupações da sociedade atual. Com o objetivo de sensibilizar a população sobre a importância desse tema, a Pontifícia Universidade do Rio Grande do Sul (PUCRS), lançou, no mês passado, o projeto denominado Uso Sustentável de Energia (USE), que envolverá campanha de conscientização, capacitação de técnicos-administrativos e professores de todas as unidades acadêmicas, elaboração do *Manual de economia de energia* e criação de uma página virtual. A iniciativa inclui também uma série de projetos, como o do telhado verde, em que as tradicionais telhas para cobrir casas e edificações são substituídas por uma camada de vegetação.

FOTO MÁRCIO D'AVILA

O professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) e membro da USE, Márcio D'Avila, adverte que determinar qual o melhor modelo de telhado a ser usado exige a análise de vários aspectos. "Estamos pesquisando diversas espécies de plantas", conta. "É importante que elas resistam bem aos períodos de estiagem. As flores também são interessantes para atrair a fauna, como os insetos polinizadores (que aumentam a capacidade das plantas de se reproduzir com mais eficiência)", diz, lembrando que o substrato (composição da terra), o nível de retenção da água da chuva e o peso que cada estrutura arquitetônica precisa suportar são outros itens a serem considerados.

## Da telha para o telhado verde

Para mostrar quais os benefícios de substituir a telha comum pelo telhado verde, a Prefeitura Universitária, a Divisão de Obras, a FAU e o Museu de Ciências e Tecnologia

Modelos de telhado verde – cada um com um tipo de terra e espécies de plantas diferentes – que poderão ser usados no *campus* central da universidade. O objetivo é verificar qual deles se adaptará melhor ao clima local

da PUCRS desenvolveram três protótipos, cada um deles com diferentes tipos de telhado: o verde, o de fibrocimento e o de zinco.

Segundo D'Avila, com o telhado verde, a temperatura interna da casa permanece mais constante. "A cobertura vegetal evita, por exemplo, o surgimento de ilhas de calor nos centros urbanos. Em dias quentes, geralmente evitamos ficar em locais onde a superfície é composta por materiais que retêm o calor gerado pelos raios solares, como o asfalto, o concreto, entre outros. Já o telhado verde diminui essa retenção de calor", compara.

## Redução dos gastos de energia

Um dos objetivos do USE é reduzir os gastos com a energia elétrica no *campus* central da universidade. Para isso, o comitê responsável pelo projeto – formado pelas faculdades de Arquitetura e Urbanismo e de Engenharia, além da Prefeitura Universitária e da Divisão de Obras – verifica o consumo em todos os prédios. O diretor do MCT, professor Emilio Jeckel Neto, lembra que o telhado verde reduziu os gastos com o ar-condicionado, pela maior eficiência do equipamento em um ambiente com temperatura estável.

A pesquisa, iniciada em novembro do ano passado, envolve hoje um grande número de unidades acadêmicas. A previsão do comitê é que, nos próximos seis meses, as primeiras experiências com o telhado verde sejam estendidas a todos os prédios do *campus*.

**Caroline Eidt**

Especial para *Ciência Hoje/RS*



# Inovação solidária

**A**o longo dos últimos três anos, a Unitaid gastou US\$ 1 bilhão em tratamentos para 9 milhões de casos de malária, 2 milhões de tuberculose e 1 milhão de infecção por HIV/Aids em 93 países. Mas esse não foi o único sucesso dessa agência global filiada à Organização das Nações Unidas (ONU) e sediada na Organização Mundial de Saúde (OMS), em Genebra (Suíça), cujo objetivo é fornecer para países pobres medicamentos para tratar essas três doenças. Sua atuação garantiu um mercado para esses produtos, o que despertou o interesse da indústria farmacêutica, que até então negligenciava essa área, e fez com que o preço dos medicamentos caísse e aumentasse sua disponibilidade.

Criada em 19 de setembro de 2006, a Unitaid surgiu do esforço conjunto de cinco países: Brasil, França, Chile, Noruega e Reino Unido. O objetivo era atender as áreas de tratamento dessas três grandes doenças que não estavam sendo cobertas pelos esforços existentes, tanto de outras agências quanto da indústria farmacêutica, e colaborar com os Objetivos do Milênio traçados pela ONU. “Isso com foco nos países pobres,

que concentram 84% da população mundial e 93% da carga global de doenças, mas apenas 11% dos gastos em saúde”, relata o médico sanitário brasileiro Jorge Bermudez, secretário executivo da agência.

A Unitaid é uma central de compras de medicamentos e financiamento de projetos na área da saúde que se concentra no desenvolvimento de produtos para crianças, como os antirretrovirais para combater o HIV; drogas de segunda linha, usadas quando os pacientes adquirem resistência às primárias; e produtos contra a tuberculose resistente a múltiplas drogas. Para conseguir isso, a agência trabalha em estreita colaboração com os órgãos de saúde nacionais e conta com parceiros como a própria OMS, o Fundo das Nações Unidas para a Infância e Adolescência (Unicef) e a Fundação William J. Clinton, do ex-presidente norte-americano Bill Clinton, além de organizações não governamentais (ONGs) e comunidades de pacientes.

## Mecanismos de contribuição

Um dos alicerces da nova agência é o mecanismo inovador de financiamento, chamado de contribuição solidária. Os recursos provêm de uma pequena taxa embutida nas passagens aéreas

de voos oriundos dos países que adotam esse sistema. O valor é de cerca de US\$ 1 para bilhetes da classe econômica e US\$ 40 para trechos internacionais de primeira classe ou executiva. Dos 29 países-membros da Unitaid, sete já fazem uso desse mecanismo: Chile, Costa do Marfim, França, Coreia do Sul, Madagascar, Ilhas Maurício e Níger. “Essa fonte representa cerca de 80% do nosso orçamento e sua previsibilidade nos permite criar impacto no mercado, obtendo melhores preços e garantindo uma demanda de longo prazo”, ressalta Bermudez.

Além da contribuição solidária, a Unitaid também recebe doações diretas de seus participantes, como o Brasil, que destina anualmente US\$ 12 milhões para a agência. De acordo com o secretário executivo, o país não implementou a taxa em passagens aéreas devido a questões técnicas na legislação nacional, que não permite a taxação dos cidadãos para uso de recursos em outras nações.

O orçamento é usado na obtenção de produtos, diagnóstico e tratamento nas três áreas de atuação. Segundo Bermudez, esses recursos não só possibilitaram auxílio aos pacientes, como também alteraram o mercado. “Quando começamos a trabalhar com antirretrovirais infantis, eles praticamente não existiam. Hoje, são produzidos pelas empresas e qualquer um, não apenas a Unitaid, pode adquiri-los”, revela.

Um exemplo disso são as drogas de combinação de dose fixa, que reúnem mais de um remédio

O objetivo da Unitaid é fornecer medicamentos contra Aids, tuberculose e malária para países pobres

em um comprimido. Bermudez conta que a ação da Unitaid em laboratórios de fabricação de genéricos na Índia levou à redução do preço desses medicamentos. O tratamento por ano caiu de US\$ 200 para US\$ 60. “E ele está disponível para qualquer país no mundo”, reforça.

### Sem duplicação

O secretário executivo conta que a Unitaid não quer duplicar esforços e por isso se concentra nas suas três áreas de ação. “Não financiamos pesquisa, por exemplo”, ressalta. O que a agência faz é pedir propostas de projetos, que são estruturados de maneira a serem conduzidos em cooperação com os ministérios de Saúde locais, e financia aqueles aprovados. As compras de medicamentos são feitas através de licitações internacionais com laboratórios qualificados pela OMS. O tipo de gerenciamento faz com que a estrutura da Unitaid seja bastante enxuta, com apenas 30 funcionários.

Para Bermudez, o objetivo agora é aumentar o número de países atendidos pela agência e trabalhar pelo *pool* de patentes, uma campanha para que as companhias farmacêuticas permitam que suas drogas patenteadas sejam utilizadas no desenvolvimento de novos produtos com combinações ideais de fármacos.

“Esperamos também que o Brasil, que já é uma das grandes forças por trás da Unitaid, aumente ainda mais sua participação”, afirma o secretário executivo, acrescentando que Farmanguinhos, a unidade de produção de medicamentos da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), deve fazer um pedido de pré-qualificação para se tornar um dos fornecedores da agência.

**Fred Furtado**  
Ciência Hoje/RJ

**ATENDIMENTO PARA BEBÊS COM DOWN** • O Hospital Universitário Antônio Pedro, da Universidade Federal Fluminense (Huap/UFF), oferece atendimento gratuito e especializado para bebês com síndrome de Down e suas mães. O projeto, conduzido pelos professores Alan Araújo Vieira, Renato Augusto Moreira de Sá e Waldecyr Herdy Alves, foi contemplado no edital Cidadania da Pessoa com Deficiência da Faperj. O hospital tem um programa de computador para diagnóstico da síndrome durante o pré-natal. As mães são acompanhadas durante a gravidez e, após o parto, participam de um programa de incentivo à amamentação, além de receberem apoio psicológico. Tanto a mulher quanto o bebê são acompanhados por uma equipe multidisciplinar, formada por profissionais como nutricionistas e enfermeiros.

**MENOS PERIGOSOS DO QUE SE PENSAVA** • Em termos de acidentes aéreos, os humanos são mais perigosos que os raios. Segundo a Associação Internacional de Transporte Aéreo e a Fundação de Segurança de Voo, essas descargas elétricas derrubaram apenas 15 aviões desde 1950, sendo que oito eram de pequeno porte e nenhum era do tipo Airbus. Além disso, na história da aviação, o mau tempo só foi responsável por 6% dos acidentes, bem atrás das falhas técnicas (21%) e dos erros humanos (68%).

### GEOCIÊNCIAS

### COM TODO O GÁS

Pela primeira vez na América Latina uma jazida de carvão é perfurada para avaliar a possibilidade de armazenamento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e de produção de gás natural. A perfuração está sendo feita na jazida de Charqueadas, em Triunfo, Rio Grande do Sul, sob a coordenação dos geólogos João Marcelo Ketzer e Roberto Heemann, do Centro de Excelência em Pesquisa sobre Armazenamento de Carbono. O centro, que resulta de uma parceria da Petrobras com a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, estuda dois poços com cerca de 350 m de profundidade: um deverá armazenar CO<sub>2</sub> e o outro produzir gás natural.

Cerca de 90% das reservas brasileiras de carvão estão em solo gaúcho, cujo potencial de produção de gás natural é de bilhões de toneladas. Segundo Ketzer, a escolha do local de perfuração levou em conta a facilidade logística e as evidências da presença de gás natural. A jazida de Charqueadas está próxima do polo petroquímico do Rio Grande do Sul, que consome grande quantidade de gás natural e emite elevadas taxas de CO<sub>2</sub>. Além de poder abastecer o mercado gaúcho com gás natural, o projeto deverá dar outro destino ao CO<sub>2</sub>, evitando seu lançamento na atmosfera.

**Perfuração da jazida de carvão de Charqueadas, no município gaúcho de Triunfo**



CRÉDITO: JOÃO MARCELO KETZER / CEPAC



**DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA** Espaço mostra ciência vinculada ao cotidiano para estudantes do Ceará

## Seara interativa

**É** proibido não mexer. Ao contrário dos museus tradicionais, essa é a regra da Seara da Ciência, espaço interativo e gratuito de divulgação científica da Universidade Federal do Ceará (UFC), que aproxima crianças e adolescentes do mundo científico. Com uma nova sede a ser inaugurada, no começo do próximo ano, no *campus* da UFC, a Seara irá quadruplicar sua capacidade de oferecer experimentos, laboratórios e cursos de capacitação para alunos e professores.

O alvo da Seara da Ciência são os alunos de ensino médio de escolas públicas, mas colégios particulares e estudantes do ensino fundamental também podem agendar visitas para conhecer os quase 50 experimentos, que, em sua grande maioria, são fabricados na própria oficina mecânica do museu. Muitos são criações origi-

nais dos diversos professores que atuam na Seara, como uma instalação que permite ao visitante entrar no ecossistema da caatinga. A iniciativa conta com o auxílio da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico (Funcap), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Segundo o bioquímico Marcus Vale, diretor executivo da Seara, um dos experimentos mais concorridos é formado por duas bicicletas ligadas a um gerador. Ao pedalar uma delas, o visitante faz um boneco do aviador brasileiro Santos Dumont (1873-1932) andar na outra bicicleta e vê como ocorre a transformação da energia. “A energia química do nosso corpo é transformada em mecânica quando pedalamos. Essa energia me-

cânica se transforma em elétrica para alimentar o gerador e depois novamente em mecânica quando ele a transmite para a outra bicicleta”, explica Vale.

Ele conta que, mesmo com a variedade de experimentos que ficam no salão de exposição, o espaço preferido dos estudantes é o laboratório. “Eles ficam fascinados, porque não têm isso na escola”, diz. A Seara tem laboratórios de química, física e biologia, e monitores que ajudam os adolescentes a realizarem as experiências.

### Sem respostas prontas

A Seara foi criada em 1999 e inaugurada em 2000 como um museu de ciência interativo. Mas os professores logo identificaram que havia uma barreira para que os estudantes pudessem aproveitar os experimentos e laboratórios: a precária noção de ciência que tinham na escola. “Percebemos que teríamos que entrar na educação científica”, explica Vale. Desde então, a Seara oferece cursos básicos de química, física, biologia e matemática. São 240 vagas semestrais para estudantes da rede pública.

Além dos cursos regulares, são oferecidos cursos de férias para estudantes e professores. A metodologia aplicada é a de levar o aluno a buscar respostas para suas dúvidas por meio da experimentação. Ao contrário do modelo tradicional de ensino em que precisam resolver exercícios propostos

FOTO: ACENSO SEARA DA CIÊNCIA

Com projetos como o teatro científico (acima) e os experimentos do salão de exposição (abaixo), a Seara desperta o interesse de adolescentes pelo mundo da ciência



FOTO: MARCUS VALE

## CIÊNCIA EM VÍDEO

Mostrar quem é o cientista por trás dos cálculos e fórmulas é o objetivo do projeto *Imortais da Ciência*, promovido, desde junho, pela Seara da Ciência, em parceria com a Funcap e a Sociedade Brasileira de Física. Baseado na coleção de livros de mesmo nome da editora Odisseus, o projeto consiste em uma série de seminários realizados no Departamento de Física da UFC. As palestras são feitas pelos autores dos livros, que apresentam a história de cientistas como Albert Einstein, Isaac Newton e Niels Bohr. “Abordamos o lado mais humano desses personagens, as motivações que os levaram a fazer suas descobertas”, conta Ilde Guedes da Silva, coordenador do projeto e professor do Departamento de Física da UFC e da Seara da Ciência.

Já participaram do projeto autores como Cássio Leite Vieira, Eduardo Valadares e Cristina Abdala. Os seminários – seis ao todo – estão sendo gravados e serão disponibilizados na página virtual da Seara da Ciência ([www.seara.ufc.br](http://www.seara.ufc.br)). Quando acabar o projeto, em novembro, os DVDs serão apresentados nas escolas e nos canais públicos de televisão. Além deste, há também o *Santo de Casa*, uma série de vídeos sobre grandes cientistas cearenses.

nos livros, são os próprios alunos que levantam as questões. “Os monitores são orientados a não dar respostas prontas. O aluno é levado a se questionar e a chegar a conclusões por si mesmo, por meio da realização de experiências em laboratório”, ressalta Vale, observando que essa metodologia já é hoje adotada por várias universidades brasileiras.

Os cursos de férias funcionam também como um banco de talentos: os estudantes que mais se destacam são encaminhados para trabalhar como bolsistas em laboratórios de pesquisa da UFC. Segundo Vale, o aprendizado chega a ultrapassar as fronteiras da ciência. “Os alunos aprendem até inglês com os pesquisadores”, diz. Ele acrescenta que uma prova de êxito do programa são os diversos estudantes que acabam ingressando na universidade pública.

Para o professor, o curso é um resgate da autoestima e um estímulo a usar a criatividade nas salas de aula. “Muitos chegam desanimados e percebem que podem propor questões e inovar”, conta. “Eles também são incentivados a utilizar a linguagem artística, como

teatro, música e poesia, para transmitir ciência.”

## Arte e ciência

A divulgação científica por meio da arte é uma das marcas da Seara, que conta com um grupo de teatro científico e projetos audiovisuais (ver ‘Ciência em vídeo’). A companhia teatral viaja pelo interior do Ceará e apresenta, em escolas e feiras de ciências, peças que abordam as formas de energia, a natureza da luz e bioquímica, entre outros assuntos. As peças são escritas para o público adolescente e usam uma linguagem popular e bem-humorada para tratar de temas científicos.

Vale destaca que o objetivo dos diversos projetos é fazer o adolescente se encantar pela ciência. O prédio da nova sede terá mais espaço para os laboratórios e uma maior capacidade para receber alunos. “Muitos estudantes falam que antes só viam a física e a química no papel e aqui descobrem sua importância no cotidiano”, comemora.

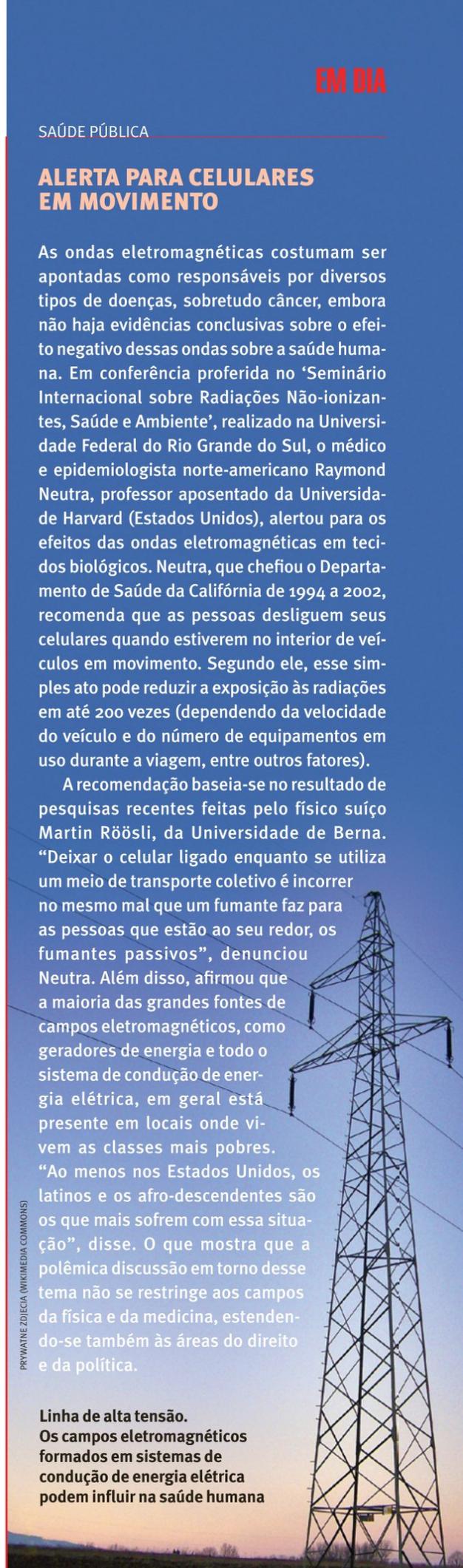
**Tatiane Leal**  
*Ciência Hoje/RJ*

## ALERTA PARA CELULARES EM MOVIMENTO

As ondas eletromagnéticas costumam ser apontadas como responsáveis por diversos tipos de doenças, sobretudo câncer, embora não haja evidências conclusivas sobre o efeito negativo dessas ondas sobre a saúde humana. Em conferência proferida no ‘Seminário Internacional sobre Radiações Não-ionizantes, Saúde e Ambiente’, realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o médico e epidemiologista norte-americano Raymond Neutra, professor aposentado da Universidade de Harvard (Estados Unidos), alertou para os efeitos das ondas eletromagnéticas em tecidos biológicos. Neutra, que chefiou o Departamento de Saúde da Califórnia de 1994 a 2002, recomenda que as pessoas desliguem seus celulares quando estiverem no interior de veículos em movimento. Segundo ele, esse simples ato pode reduzir a exposição às radiações em até 200 vezes (dependendo da velocidade do veículo e do número de equipamentos em uso durante a viagem, entre outros fatores).

A recomendação baseia-se no resultado de pesquisas recentes feitas pelo físico suíço Martin Rössli, da Universidade de Berna. “Deixar o celular ligado enquanto se utiliza um meio de transporte coletivo é incorrer no mesmo mal que um fumante faz para as pessoas que estão ao seu redor, os fumantes passivos”, denunciou Neutra. Além disso, afirmou que a maioria das grandes fontes de campos eletromagnéticos, como geradores de energia e todo o sistema de condução de energia elétrica, em geral está presente em locais onde vivem as classes mais pobres. “Ao menos nos Estados Unidos, os latinos e os afro-descendentes são os que mais sofrem com essa situação”, disse. O que mostra que a polêmica discussão em torno desse tema não se restringe aos campos da física e da medicina, estendendo-se também às áreas do direito e da política.

**Linha de alta tensão.**  
Os campos eletromagnéticos formados em sistemas de condução de energia elétrica podem influir na saúde humana



# Novidade no biodiesel

O Departamento de Química da Universidade Federal do Paraná (UFPR) está à frente de um projeto de pesquisa que deverá transformar radicalmente a produção nacional de biodiesel. Trata-se de um novo processo catalítico (etapa fundamental na produção do combustível) que permitirá obtê-lo de modo mais simples, eficaz e barato. A inovação se deve ao trabalho dos químicos Fernando Wypych e Luiz Pereira Ramos, que desenvolveram novos catalisadores heterogêneos. A ideia é simples, mas, para entendê-la, é preciso saber antes como o biodiesel é produzido hoje.

O processo se dá basicamente em três etapas. A primeira diz respeito à extração e ao preparo da matéria-prima, que pode ser obtida a partir de gordura animal, óleos vegetais ou até microalgas. A segunda é a de produção. A partir da matriz energética escolhida, obtêm-se éster e glicerina. A terceira etapa é a de purificação, que torna esses produtos adequados ao uso. A glicerina pode dar origem a produtos de interesse comercial, como po-

límeros biodegradáveis, ácidos orgânicos e aditivos oxigenados para combustíveis. O éster, finalmente, dará origem ao biodiesel.

Para que o processo catalítico se realize, podem ser empregados dois tipos de catalisadores: os homogêneos e os heterogêneos. Os homogêneos, normalmente alcalinos, são os mais utilizados atualmente. Mas eles apresentam vários problemas. Por ficar dissolvidos, misturam-se aos reagentes, geram uma mistura complexa e, ao final do processo, é difícil separá-los. Assim, os produtos finais (ésteres e glicerina) apresentam menor grau de pureza. Esses catalisadores podem também ser corrosivos e, como exigem maior quantidade de água na reação, causam maior impacto ambiental.

Já os catalisadores heterogêneos evitam boa parte desses inconvenientes. É justamente aí que estão os méritos do trabalho de Wypych e Ramos. O novo catalisador, que desenvolveram nos laboratórios da UFPR, é um material sólido, posto para reagir em meio líquido. “Isso significa que, no final da reação, ele pode ser facilmente retirado do meio em que se deu a reação, evitando a contaminação dos demais reagentes”, explica Wypych. O novo catalisador garante assim produtos finais com maior grau de pureza. Desse modo, não é preciso investir tanto na purificação da glicerina e do éster – processos que exigem tempo e dinheiro.

O novo catalisador heterogêneo apresenta outras vantagens. Além de não corroer o equipa-

mento em que foi manipulado, pode ser reutilizado inúmeras vezes. Ao fim de sua vida útil, pode ser descartado, sem causar impacto ambiental. “Composto basicamente de elementos não tóxicos encontrados em nosso meio, é simples de ser fabricado”, conta Wypych. “E é muito barato”, garante.

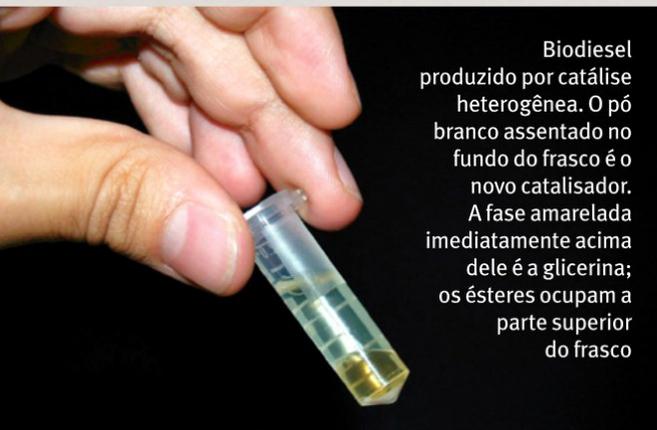
A produção de biodiesel é essencialmente um processo de química orgânica, área de estudo de Ramos. Já a produção do catalisador sólido se insere no âmbito da química inorgânica e de materiais, a que se dedica Wypych. Graças à união das duas áreas foi possível desenvolver a nova tecnologia de produção do biocombustível.

## Desafios

O biodiesel pode ser utilizado em diferentes misturas com o diesel de petróleo. A Alemanha, por exemplo, já chegou a empregar 100% de biodiesel em sua frota automotiva. Mas retrocedeu, porque, quando o teor de biodiesel ultrapassa os 20%, é preciso ajustar o funcionamento dos motores dos veículos.

Atualmente o Brasil usa o biodiesel B4: 96% de diesel comum e 4% de biodiesel. Pode parecer pouco, mas esse cálculo representa um total de 1,2 bilhão de litros de biodiesel por ano. A expectativa é que, a partir de 2010, o país adote o biodiesel B5, ou seja, o combustível com 5% de biodiesel. Segundo os cálculos de Ramos, esse valor deverá representar um total de 2 bilhões de litros de biodiesel por ano.

Mas, para migrarmos do B4



Biodiesel produzido por catálise heterogênea. O pó branco assentado no fundo do frasco é o novo catalisador. A fase amarelada imediatamente acima dele é a glicerina; os ésteres ocupam a parte superior do frasco



Figura 2. Separação de fases no biodiesel produzido por catálise homogênea. Nesse processo, o catalisador não se separa das fases, ficando misturado nelas

para o B5, será preciso vencer um grande desafio: padronizar a matriz energética em nível nacional. Ironicamente, a multiplicidade de matéria-prima encontrada no Brasil atua como fator negativo para a qualidade final do nosso biodiesel. “Enquanto uma região produz o combustível a partir da soja, outra o obtém a partir do dendê, da mamona, do caroço de algodão ou do sebo bovino”, diz Ramos. “Isso oferece dificuldades para a padronização da qualidade final do produto.”

Para solucionar esse impasse, o Departamento de Química da UFPR prevê uma possível saída: adotar como matriz energética uma espécie de alga, ainda em fase de estudos, que poderá ser cultivada dentro de tanques em qualquer lugar do país. “Atualmente estudamos modelos de fotobiorreatores, para reproduzir certos tipos de algas que poderão estar na base do futuro do biodiesel nacional”, conta Wypych.

**Henrique Kugler**

Especial para *Ciência Hoje*/PR

## OFTALMOLOGIA

### CÉLULAS-TRONCO CONTRA A CEGUEIRA

Os portadores da retinose pigmentar, doença genética que provoca a perda gradativa da visão até chegar à cegueira, ganham nova esperança. Um tratamento com células-tronco foi realizado pela primeira vez com seres humanos em estudo da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP), da Universidade de São Paulo, em parceria com o Hemocentro de Ribeirão Preto e o Centro de Pesquisa Rubens Siqueira. Dos cinco pacientes que realizaram o procedimento, três já apresentaram melhoras no campo visual e no exame de eletrorretinograma (que mede o funcionamento da retina através de sinais elétricos).

“São pequenas evidências de que o tratamento funciona, mas ainda temos que avaliar a evolução do quadro durante o ano e descartar possíveis complicações”, afirma o oftalmologista Rubens Siqueira. Ele conduziu o estudo ao lado de Rodrigo Jorge e André Messias, da FMRP, e de Júlio Cesar Voltarelli, do Hemocentro de Ribeirão Preto, que pertence à faculdade. Estudos anteriores que utilizaram células-tronco para tratar animais portadores de uma doença induzida semelhante à retinose mostraram resultados satisfatórios e motivaram a realização do procedimento em seres humanos. O tratamento começou em abril, após autorização da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa, e os pacientes fazem testes de acompanhamento a cada 15 dias. A doença, que atinge 40 mil pessoas no Brasil, ainda não tinha nenhum tipo de tratamento.

Células-tronco adultas, retiradas da própria medula óssea de cada um, foram injetadas nos olhos dos cinco pacientes com menos de 10% da visão. “Já que as células são do próprio paciente, não há risco de rejeição e, por serem células-tronco adultas, oferecem maior segurança que as embrionárias, já que têm menor capacidade de diferenciação e maior controle”, explica Siqueira. Os pesquisadores acreditam que as células-tronco podem liberar substâncias que estimulam o funcionamento da retina, como os fatores neurotróficos, além de proteínas que ajudam a bloquear a apoptose, a morte celular provocada pelo gene causador da doença.

“Esse estudo consiste em um marco no tratamento das doenças da retina”, avalia Siqueira, acrescentando que o procedimento pode servir para tratar outras enfermidades da visão, como a retinopatia diabética e a degeneração macular relacionada à idade. O próximo passo da pesquisa contempla indivíduos em um estágio mais inicial da doença, com maior percentual de visão.

**INTERNET NAS ALDEIAS • Estimular o diálogo intercultural é o objetivo do portal Índios on-line ([www.indiosonline.org.br](http://www.indiosonline.org.br)), que contém informações e promove debates, estabelecendo uma ponte entre indígenas e a sociedade em geral. A página é feita por índios voluntários pertencentes a sete nações indígenas: Kiriri, Tupinambá, Pataxó-Hãhãhãe, Tumbalalá (Bahia), Xucuru-Kariri, Kariri-Xocó (Alagoas) e Pankararu (Pernambuco). A ideia é possibilitar aos próprios índios o estudo de suas**

DESENHO DE DOUGLAS KARIRI-XOCÓ (TAWAN)



**culturas, disponibilizando textos, fotos e vídeos, como forma de complementar os processos de educação escolar diferenciada multicultural. O projeto é apoiado pelo Ministério da Cultura e pela Associação Nacional de Apoio ao Índio (Anai) e deverá ser ampliado, em breve, para outras nações indígenas.**

# Mirtilo na sobremesa



**E**m meio à variedade de frutas que chegam à mesa dos brasileiros, pouca gente ouviu falar do mirtilo. A fruta roxo-azulada de sabor agridoce – conhecida, nos Estados Unidos, como *blueberry* (cereja azul) – pode ser menor que uma uva, mas é um gigante no que diz respeito a propriedades medicinais. A lista de aplicações médicas vai da prevenção ao tratamento auxiliar de doenças da visão e do câncer. Agora, pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) deram um importante passo para a expansão do consumo da fruta no país: criaram o mirtilo em pó e em passa. As novas formas podem contribuir para que a chamada fruta da longevidade seja mais constante nas prateleiras dos supermercados nacionais.

O mirtilo, ainda pouco consumido no Brasil, apresenta diversas propriedades medicinais. A fruta, de sabor agridoce, combate os radicais livres que causam o envelhecimento, é anti-inflamatória, reduz o colesterol ruim e melhora a circulação

A engenheira de alimentos Graziella Colato Antonio conta que a motivação para a pesquisa, desenvolvida durante seu pós-doutorado na Unicamp, foi possibilitar que o mirtilo seja encontrado o ano todo. Como a fruta é de difícil conservação, ela em

geral é vendida nos meses da safra (janeiro e fevereiro). “Alguns médicos prescrevem dietas com mirtilo e os pacientes não conseguem encontrá-lo em várias épocas do ano”, afirma Colato.

Entre suas várias propriedades, o mirtilo combate os radicais livres que causam o envelhecimento, é anti-inflamatório, rico em antioxidantes, reduz o colesterol ruim e melhora a circulação (ver ‘A fruta da saúde’ em CH 195). Segundo a pesquisadora, a fruta também ajuda a prevenir doenças da visão, como a catarata e o glaucoma, e melhora a capacidade de leitura. Além disso, estudos sugerem que o mirtilo auxilia na prevenção e no tratamento de alguns tipos de câncer. Existem ainda pesquisas que investigam o efeito de seu consumo em pacientes com a doença de Alzheimer. Essa extensa lista de benefícios para a saúde vem dos seus 25 tipos de antocianina, um pigmento presente no mirtilo mais do que em qualquer outra fruta ou legume.

## Em passa e em pó

Durante a pesquisa, Colato buscou formas de conservar a fruta mantendo suas propriedades medicinais e seu sabor agradável. “Nossa intenção era fazer novos produtos com o mirtilo, com a menor perda possível de antocianina”, conta. Na forma em passa, os pesquisadores conseguiram manter 54% dos pigmentos. Como a fruta seca perde água, a antocianina fica mais concentrada no novo produto. “Assim, uma quantidade menor de mirtilo em passa tem o mesmo teor de anto-

cianina que uma porção maior da fruta natural”, explica a engenheira.

A forma em passa do mirtilo é semelhante à uva passa e foi obtida por meio de dois processos. No método chamado desidratação osmótica, a fruta é colocada em uma solução com açúcar e, por osmose, há perda de água para a solução e absorção do soluto (açúcar). Isso faz com que o sabor do mirtilo em passa obtido por esse processo seja mais adocicado que o da fruta natural. Já no processo de secagem convectiva, o mirtilo é colocado em bandejas especiais; o ar aquecido em resistências elétricas passa pelas bandejas de forma ascendente e a fruta perde água para o ambiente. Colato fez dois produtos: um obtido com os dois processos realizados um após o outro e um feito somente a partir da secagem convectiva.

“Esses processos são largamente utilizados nas indústrias com outras frutas”, conta Colato, que teve a orientação do engenheiro mecânico Kil Jin Park, o patrocínio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e desenvolveu a pesquisa em parceria com a empresa Nutrisaúde Indústria e Comércio de Frutas Ltda.

Para obter a forma em pó, foi utilizado o mesmo equipamento que dá origem ao leite em pó, o *spray-dryer*. O mirtilo é transformado em uma polpa, que é pulverizada em uma câmara com uma corrente de ar quente. O produto em pó pode ser utilizado para fazer sucos, bolos e biscoitos. Tanto a forma em pó





FOTO JONATHAN RUCHTI/SXC  
quanto a em passa não têm registros anteriores na literatura científica.

Os pesquisadores fizeram um teste de aceitação do mirtilo em passa com possíveis consumidores. Entre as 30 pessoas que provaram o produto, a maioria não conhecia o mirtilo e 68% afirmaram que comprariam a forma em passa se ela estivesse disponível no mercado. “Acredito que os novos produtos derivados do mirtilo poderão ter um alto consumo no Brasil por causa das aplicações terapêuticas”, diz Colato. Para isso, a fruta precisa ultrapassar uma poderosa barreira: o alto preço. Um pote de mirtilo, com cerca de 100 gramas de fruta fresca, custa, em média, R\$ 9.

O alto valor vem da baixa produção da fruta no país. O mirtilo começou a ser plantado no Brasil em 2002, a partir de sementes trazidas do Chile por um agricultor do Rio Grande do Sul. A produção é feita basicamente na região Sul, com plantações também na cidade de Campos do Jordão (SP). Colato ressalta que a propaganda é necessária para aumentar o consumo nacional. “É preciso que haja uma divulgação das propriedades medicinais do mirtilo, porque a compra de um produto caro sem o conhecimento de seus benefícios fica dificultada”, pondera.

**Tatiane Leal**  
Ciência Hoje/RJ

**FITOTERAPIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL** • Estimular a produção de plantas medicinais nativas da mata atlântica na região do Maciço da Pedra Branca, na Zona Oeste do Rio de Janeiro, é o objetivo do projeto que vem sendo desenvolvido pela bióloga Sandra Magalhães, coordenadora da Plataforma Agroecológica de Fitomedicamentos (PAF) e do Centro de Produtos Naturais, que funciona em Farmanguinhos, na Fiocruz. O projeto engloba o cultivo, o beneficiamento e a comercialização das plantas, de modo a promover o desenvolvimento socioambiental da região. O trabalho junto aos agricultores para melhorar a produtividade e as condições de escoamento da produção visa, ainda, suprir o mercado varejista e as grandes redes de supermercados. Segundo a Organização Mundial de Saúde, 82% da população mundial consomem produtos fitoterápicos e, no Brasil, o setor movimenta anualmente R\$ 1 bilhão e emprega mais de 100 mil pessoas, de acordo com a Associação Brasileira das Empresas do Setor Fitoterápico e de Produtos para Promoção da Saúde.

**CENTRO INTERNACIONAL DE PESQUISA SOBRE PRÉ-SAL** • Um convênio entre a Petrobras, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a empresa franco-americana Schlumberger, da área de suprimento em tecnologia e soluções para a indústria de petróleo e gás, resultará na criação de um centro internacional de pesquisa para a área do pré-sal. O novo centro será construído no Parque Tecnológico da UFRJ em uma área de 8 mil m<sup>2</sup>, ao lado do Laboratório Oceânico da Coordenadoria dos Programas de Pós-graduação em Engenharia (Coppe). Inicialmente, serão desenvolvidos quatro projetos para melhorias na caracterização de reservatórios profundos: pesquisas em tecnologias eletromagnéticas, análise de dados sísmicos, ressonância magnética nuclear e sensores eletroquímicos. Além destes, mais seis projetos estão em negociação. A Petrobras vai investir US\$ 10 milhões no empreendimento.

**MUSEU VIVO** • Com a proposta de levar o visitante para apreciar a natureza *in loco* – ou seja, dentro da floresta – o Museu da Amazônia (Musa) começa suas atividades oficialmente em 2010. A primeira ‘obra’ em exposição será um grande aquário que abrigará espécies como o pirarucu, peixe típico da região e que pode chegar a 2 m de comprimento. Para o futuro, estão previstas a abertura de trilhas, a instalação de passarelas nas copas das árvores e de instrumentos que permitirão ao visitante observar a vida microscópica nas proximidades da reserva Adolpho Ducke, em Manaus, onde o museu será construído. Mais informações em:

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



ILUSTRAÇÃO LIMA

# Cerrado da Amazônia em risco

Cientistas que investigam a diversidade dos fragmentos de cerrado que ocorrem dentro da Amazônia encontraram boas surpresas. Em áreas ao sul do Pará, eles registraram a presença de uma nova espécie de planta e de outra que se tornou rara devido à urbanização, além de um lagarto nunca encontrado na região. As manchas de cerrado da Amazônia, no entanto, são ameaçadas pela expansão urbana, agrícola e pecuária, e pela extração de areia e seixo, cujo destino é o uso na construção civil. A atividade, comum na região, deixa como resultado um território degradado e com poucas chances de recuperação.

Os fragmentos de cerrado ocupam não mais que 2,8% do bio-

ma amazônico, que se distribui por uma área de 4,1 milhões de km<sup>2</sup>. No Pará, representam apenas 2,6% do estado. Para o biólogo Leandro Valle Ferreira, esse é mais um motivo para preservá-los. “Essas áreas são importantes para a biodiversidade, pois abrigam condições diferentes do restante da Amazônia”, diz.

Ferreira trabalha no Museu Paraense Emílio Goeldi, onde coordena uma equipe que realiza inventários da flora que servirão como um dos subsídios à elaboração do projeto de Zoneamento Ecológico-Econômico do estado Pará. O ZEE, como é conhecido esse tipo de projeto, define as atividades a serem realizadas em diferentes regiões. “Estamos estudando o Pará de norte a sul

para definirmos as áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade no estado”, explica. “E as regiões de cerrado, semelhantes às do planalto central, são prioritárias e pouco protegidas”, completa.

Os resultados obtidos pela equipe são a base para a afirmação do pesquisador. Em pequenas áreas de cerrado do município de Mocajuba, a cerca de 200 km de Belém, eles encontraram uma planta insetívora, *Drosera cayennensis*, cuja ocorrência tornou-se rara devido à ocupação humana. Ali também registraram a presença de um lagarto que, até então, se acreditava habitar apenas os estados de Mato Grosso e Goiás. “Essa descoberta foi feita por acaso, já que nossa

FOTOS: LEANDRO FERREIRA

*Drosera cayennensis*, planta insetívora que se tornou rara na região devido à ocupação humana, foi encontrada em áreas de cerrado do município de Mocajuba, a cerca de 200 km de Belém





Lagarto da espécie *Tupinambis quadrilineatus*, que se acreditava habitar apenas os estados de Mato Grosso e Goiás, foi descoberto nos fragmentos de cerrado existentes na Amazônia

equipe estuda a flora. Mas quando uma das pesquisadoras viu o lagarto, decidiu tirar uma foto. Depois ficou confirmado que se tratava mesmo da espécie *Tupinambis quadrilineatus*, que nunca tinha sido registrada no Pará.” Além disso, uma nova espécie de planta também está sendo descrita por especialistas.

Para o biólogo, esses são dados que mostram a importância dos trabalhos de inventário da biodiversidade. “Levantamentos florísticos ainda são negligenciados, mas eles aumentam nosso conhecimento e são a base para a formulação das políticas públicas de conservação”, avalia.

### Areia, seixo e nada mais

O cerrado inserido em áreas de floresta amazônica não difere muito, em termos de composição de espécies, do cerrado encontrado no centro do país, tanto em biodiversidade quanto pelo grau de ameaça que enfrenta. O bioma, que já ocupou 2,2 milhões de km<sup>2</sup> do território nacional, teve cerca de 48% de sua área desmatada. Em estados como Goiás, o desmatamento é decorrente, principalmente, da atividade agropecuária. No Pará, além

da pecuária, o setor da construção civil é o principal responsável pela redução da biodiversidade.

Ferreira explica que o solo do cerrado na Amazônia, além de coberto por uma vegetação cuja retirada é mais fácil que a da floresta, é excelente fonte de areia e seixo, material escasso na região amazônica. O problema, segundo ele, são os resultados da exploração. “Eles fazem verdadeiras montanhas de areia. O produto tem pouquíssimo valor e chega a ser vendido por menos de R\$ 50 por caminhão carregado”, afirma.

Para o pesquisador, a solução seria o ordenamento territorial da região, onde parte da vegetação ameaçada fosse conservada. Em sua opinião, isso poderia ser feito através da criação de unidades de conservação ou por meio de parcerias com os poderes públicos municipais e estaduais. “Quando se trata de Amazônia, só se pensa na floresta, mas há outros tipos de vegetação na região, como o cerrado, que também precisam ser protegidos.”

**Mariana Ferraz**  
Ciência Hoje/RJ

## BRASIL NO PÁREO

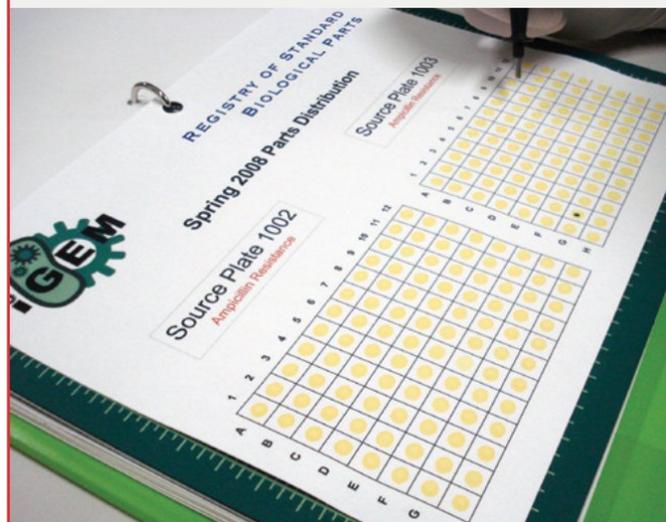
Desde 2003, o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT, na sigla em inglês) promove anualmente uma competição de biologia sintética voltada para alunos de graduação. Até agora, nenhuma equipe brasileira havia participado da disputa, mas esse ano a situação mudou, com a inclusão de equipe da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

O grupo de 18 alunos, coordenado pela bióloga Johana Rincones e pelo engenheiro agrônomo Gonçalo Pereira, foi incluído na edição 2009 do certame com um projeto ambicioso: modificar geneticamente exemplares da bactéria *Escherichia coli* e do fungo *Saccharomyces cerevisiae*, micro-organismos muito usados em processos industriais, como, por exemplo, a produção de compostos farmacêuticos e etanol.

A ideia é que os novos supermicróbios evitem a contaminação desses processos por outros micro-organismos, problema que pode acarretar a perda de 5% a 10% da produção e prejuízos da ordem de milhões de reais. Para completar a tarefa, o time concentrou-se inicialmente em estudos teóricos. O próximo passo é desenvolver um protótipo das bactérias e leveduras geneticamente modificadas para mostrar nas apresentações finais da competição, que acontecem entre 30 de outubro e 2 de novembro deste ano.

Rincones está confiante. Ela acredita que a equipe tem condição de faturar ao menos uma medalha. “Montamos um projeto com todos os requisitos para isso”, declara.

**O quadro mostra partes do DNA (representadas pelas bolinhas amarelas) da bactéria *Escherichia coli* e do fungo *Saccharomyces cerevisiae*, que serão modificadas geneticamente pela equipe de alunos da Unicamp que participa da competição internacional de engenharia genética**



# Diagnóstico em uma gota

**U**m exame de sangue diferente promete trazer mais agilidade e eficácia ao diagnóstico de doenças durante o pré-natal. É o teste em papel de filtro, padronizado pelo Laboratório de Pesquisa de Marcadores Biológicos (BioMarc) do Instituto Vital Brazil (IVB), no Rio de Janeiro, que pretende ampliar o uso do exame em grávidas. Feito a partir de uma pequena amostra de sangue coletada pela punção do dedo da gestante e aplicada ao papel, o teste dispensa a logística complexa do exame convencional e diminui o custo de aplicação.

O bioquímico cubano Juan Fidel Bencomo, líder da pesquisa, ressalta que o exame convencional, feito com a retirada do

sangue da veia da paciente, precisa de um extenso aparato que inclui materiais como seringa, agulha, tubos de ensaio e anticoagulante, além de exigir condições especiais de armazenamento e transporte da amostra. “O sangue precisa ser conservado em geladeira imediatamente e enviado em ótimas condições de refrigeração para o laboratório, senão fica inutilizado. Todo esse processo é muito custoso”, lembra Bencomo.

Já o exame em papel de filtro é realizado por um processo simples. Apenas seis gotas de sangue da paciente são suficientes para fazer todas as análises possíveis e o resultado sai em até 10 dias. Além disso, a amostra do

sangue é seca, o que facilita a conservação e o transporte: ele pode ser enviada até pelo correio. “A amostra pode ser conservada por semanas na temperatura ambiente e por vários meses na faixa de 2°C a 8°C, e pode depois ser enviada em um envelope para um laboratório do outro lado do mundo”, conta Bencomo.

O exame também dispensa o jejum, o que faz com que a paciente possa realizá-lo a qualquer momento, agilizando ainda mais o processo. “A principal vantagem trazida pela tecnologia do papel de filtro é a minimização da logística da coleta de sangue, o que aumenta a eficácia no processo de triagem da população”, afirma.

## Tratamento precoce

O teste com papel de filtro pode detectar doenças infecciosas como Aids, sífilis, herpes, toxoplasmose e hepatite B. Pode, ainda, contribuir no diagnóstico e acompanhamento de outros males, como diabetes, insuficiência renal crônica, hipertensão arterial e doenças coronarianas. Usando outros marcadores (creatinina, colesterol, glicose, hemoglobina e triglicérides),

O teste em papel de filtro é feito a partir de uma pequena amostra de sangue coletada pela punção do dedo da gestante e aplicada ao papel. Apenas seis gotas de sangue da paciente são suficientes para fazer todas as análises necessárias e o resultado sai em até 10 dias



pode servir também para identificar doenças em grupos de risco, como obesos, diabéticos e idosos.

A pesquisa padronizada no IVB contemplou o período pré-natal, em que o diagnóstico precoce de doenças é primordial, para que o tratamento seja iniciado o quanto antes e se minimizem as complicações para a mãe e para o bebê. “Quando o vírus da Aids é detectado cedo na mãe, o risco de transmissão para o filho é reduzido em até 98%”, informa Bencomo. O exame em papel de filtro deve ser realizado no início da gestação e repetido no terceiro trimestre.

Em estudo piloto realizado em cinco municípios do Rio de Janeiro, em que a coleta de sangue com papel de filtro foi feita em 1.142 gestantes entre outubro de 2008 e junho de 2009, 35 grávidas tinham sífilis, quatro tinham hepatite B, três tinham toxoplasmose e três eram portadoras do vírus da Aids. O bioquímico ressalta que o exame em papel de filtro facilita a triagem dos grandes grupos de gestantes que procuram os hospitais. “É possível diminuir em até 10 dias, em relação ao exame de sangue convencional, o processo desde a coleta da amostra no papel de filtro até o envio dos resultados ao município”, explica.

O IVB está agora na fase de execução de contratos com os municípios para disponibilizar o exame nos hospitais. Os pesquisadores estão trabalhando na organização de programas de triagem para a prevenção de doenças não transmissíveis, como a insuficiência renal crônica, diabetes e as coronariopatias.

**Tatiane Leal**  
Ciência Hoje/RJ

**CIÊNCIA PARA DEFICIENTES AUDITIVOS** • A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) inaugura curso de extensão em biociências para surdos, o primeiro curso técnico inteiramente voltado para deficientes auditivos no Brasil. O curso será oferecido a sete estudantes do ensino médio que serão capacitados tanto para fazer ciência quanto para ensiná-la a outros surdos. O programa terá duração de um ano, com aulas diárias, e poderá ser transformado oficialmente em curso de nível médio profissionalizante. Também será oferecida uma especialização em biociências e física para intérpretes da língua brasileira de sinais (Libras). A iniciativa é uma parceria do Instituto de Bioquímica Médica (IBqM/UFRJ) com o Instituto Nacional de Ensino de Surdos (Ines).

**PRESERVAÇÃO RECOMPENSADA** • O governo do estado do Rio de Janeiro lançou o programa Produtores de águas e florestas para remunerar proprietários de terras que preservam e restauram florestas e mananciais hídricos. Cada hectare preservado vale uma recompensa de até R\$ 60 por ano para o proprietário, de acordo com o tipo de uso da terra e a atividade de preservação desenvolvida. Os bons resultados do projeto-piloto, realizado no município de Rio Claro durante um ano e meio, levaram ao lançamento oficial do programa, que será implantado também em outros municípios. O Produtores de águas e florestas é fruto de uma parceria do governo do estado, do Instituto Estadual do Ambiente (Inea), do Comitê Guandu e das organizações não governamentais Instituto Terra e The Natural Conservance.

ENGENHARIA

## MICRO-ONDAS REDUZEM TRANSTORNO NO TRÂNSITO

Todo motorista sabe que a manutenção das vias de trânsito é necessária. Ainda assim, as reclamações são constantes quando ruas e rodovias são interditadas para a realização de reparos, por causa dos desvios e engarrafamentos que provocam. Para minimizar esse problema, pesquisadores do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT) testaram a utilização de micro-ondas para acelerar o tempo de secagem da tinta usada para fazer a sinalização horizontal – os traços pintados no pavimento. O resultado foi positivo: a aplicação de micro-ondas reduz de oito minutos para três minutos e 40 segundos o tempo de secagem da tinta e da liberação da rua para o tráfego.

A pesquisa foi desenvolvida durante o mestrado do engenheiro mecânico Valdecir Leonardo no IMT. Ele explica que a secagem da tinta ocorre quando seu sol-

vente evapora. Na pesquisa, foi utilizada uma tinta à base de água. “Como as micro-ondas aceleram a evaporação, a tinta seca mais rápido”, explica. Ele acrescenta que o procedimento traria melhorias sensíveis aos transtornos causados para fazer ou retocar a sinalização. “Acreditamos que, com a redução do tempo, nem mesmo seria necessário interromper o fluxo de carros em algumas situações”, conta.

Após diversos testes, o engenheiro definiu que as micro-ondas devem ter a potência de 250 watts e o tempo de exposição da tinta deve ser de 25 segundos. Depois de comprovada a viabilidade da técnica em laboratório, resta desenvolver um aplicador de micro-ondas apropriado para o trabalho na via. Segundo Leonardo, poderia ser um acessório adicionado ao equipamento de aplicação da tinta, que é acoplado a um caminhão.

INDUTIL/INDÚSTRIA DE TINTAS LTDA





# Um passo além na biologia

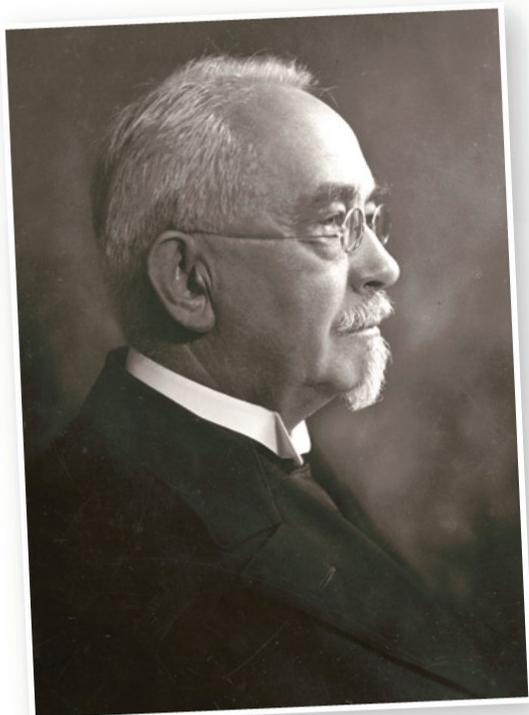
**O destacado botânico e geneticista dinamarquês Wilhelm Ludvig Johannsen (1857-1927) ocupa lugar de honra na história das ciências naturais. Em 1909, ele propôs o conceito de gene, que se tornou um dos mais importantes do pensamento biológico do século 20. É também de sua autoria a proposição dos termos genótipo e fenótipo. O trabalho de Johannsen pode, sem dúvida, ser considerado uma ponte por meio da qual as ideias do século 19 sobre hereditariedade e evolução passaram a ser incorporadas, após uma série de críticas e esclarecimentos, à genética e à moderna biologia evolutiva.**

**N**a juventude, Wilhelm Johannsen estudou farmácia, tornando-se, em 1881, professor do Departamento de Química do Laboratório Carlsberg, em Copenhague. Em 1892 passou a ensinar botânica e fisiologia de plantas na Universidade Real de Veterinária e Agricultura, também na capital dinamarquesa, tendo realizado pesquisas importantes naquelas áreas, tanto teóricas quanto experimentais. Mas sua maior contribuição foi a introdução do termo gene na então nascente ciência da genética. Esse novo ramo do conhecimento foi definido como “ciência da variação e herança dos caracteres biológicos” e chamado de genética, em 1905, por outro grande pioneiro da biologia, o inglês William Bateson (1861-1926).

O conceito de gene foi proposto por Johannsen como um conceito instrumental no livro *Elemente der Exakten Erblchkeitslehre* [*Elementos para o estudo preciso da hereditariedade*], publicado em alemão em 1909 (ver ‘Conceito sob tensão’). Na mesma obra o autor propôs e distinguiu claramente as ideias de genótipo e fenótipo, afirmando ainda a constância do genótipo. Vale lembrar que ele já havia esboçado esses conceitos em publicações em sua língua natal, o dinamarquês.

*Elemente* tornou-se influente no continente europeu, embora não tenha sido traduzido para o inglês. As ideias de Johannsen foram difundidas a partir de uma viagem de cinco meses que ele iniciou no final de 1911. No Oriente e nos Estados Unidos divulgou suas concepções em vários encontros científicos de que participou ou por meio de publicações. Naquele mesmo ano, publicou artigo em inglês na prestigiosa revista *Science* explicando seus conceitos.

A intenção de Johannsen era distinguir as concepções envolvidas no termo *unit-character*, de uso corrente entre os primeiros geneticistas, que indicava uma correspondência entre um traço observado externamente e a presença de um elemento ou fator na célula. Nesse sentido, o termo *unit-character* compreendia duas ideias: referia-se a qualquer caráter visível de um organismo que se comporta como uma unidade indivisível de herança mendeliana (o traço); ao mesmo tempo, referia-se ao potencial de produzir aquele caráter visível, presente na célula-ovo. ▶



Wilhelm Ludvig Johannsen: criador do termo gene



No início da genética, os genes só podiam ser identificados por seu efeito sobre certo caráter, como exemplificado por estes mutantes para cor de olhos da mosca *Drosophila melanogaster*

IMAGEM EXTRAÍDA DA ENCICLOPÉDIA O MUNDO EM QUE VIVEMOS

## CONCEITO SOB TENSÃO

Quando proposto, o conceito de gene era puramente instrumental. Não havia comprometimento com alguma hipótese sobre sua estrutura. Para Johannsen, gene era apenas “uma palavrinha bastante aplicável, facilmente combinável com outras”. Quanto à sua natureza – dizia ele –, não vale a pena propor qualquer hipótese.

Embora não fosse necessário postular a existência material do gene, isso não implicava a negação de sua existência. Era parte de uma estrutura conceitual para que se pudesse raciocinar sobre herança. Não mais que uma ficção útil, uma entidade hipotética. Nesse sentido, Johannsen tinha uma atitude instrumentalista adequada para o estado do conhecimento em sua época, quando um gene podia ser reconhecido apenas por seus efeitos sobre determinado caráter. Essa visão foi essencial para o desenvolvimento da genética clássica, na primeira metade do século 20, e deu sustentação, por exemplo, para o célebre programa de pesquisa do geneticista norte-americano Thomas H. Morgan (1866-1945) e seus colaboradores.

Com o avanço do conhecimento, a busca pela natureza do gene tornou-se um dos grandes objetivos da genética. Em 1953, com a proposição da estrutura do DNA por James Watson e Francis Crick (1916-2004), o gene se estabeleceu como entidade

concreta, levando ao predomínio de uma visão realista. Foi, assim, identificado com certos segmentos de DNA que supostamente teriam as propriedades do gene clássico.

O extraordinário desenvolvimento da genética e da biologia molecular que se seguiu acarretou numerosos desafios à noção de gene, sobretudo após a década de 1970 e, em especial, com o Projeto Genoma Humano, concluído em 2003. Achados moleculares mostraram a diversidade estrutural do gene e levaram à dissolução da ideia de que seriam unidades indivisíveis de estrutura e função. Aprendemos que o genoma, os próprios genes e os processos envolvidos na expressão gênica são muito mais complexos do que poderíamos imaginar.

Nesse sentido, muitos cientistas voltam hoje a fazer um uso instrumental do termo, como fazia Johannsen, na medida em que o gene não corresponde a uma unidade material, concreta e bem delimitada. Fenômenos como genes superpostos, pseudogenes, efeitos de posição, entre outros, dificultam a redução do gene clássico a uma unidade estrutural facilmente delimitável no DNA. Do ponto de vista conceitual, tanto na literatura biológica quanto na filosofia da ciência, diversos autores vêm discutindo a noção de gene, que é hoje, segundo Raphael Falk, professor emérito da Universidade Hebraica de Jerusalém, “um conceito sob tensão”.



Em A, Wilhelm Johannsen (à esquerda) com o biólogo inglês William Bateson, no jardim da residência de Bateson, em Merton, Inglaterra, em 1924. Em B, o geneticista norte-americano Thomas Morgan (de cavanhaque, ao fundo, à direita) e colaboradores do grupo *Drosophila* em um momento de descontração. A visão que Wilhelm Johannsen tinha de gene deu sustentação para o programa de pesquisa do grupo de Morgan

Com o objetivo de fazer uma distinção entre essas duas ideias, Johannsen propôs os termos genótipo e fenótipo. Isso foi de extrema importância, pois no início do século 20 os geneticistas e evolucionistas não faziam a necessária distinção entre as características visíveis no organismo e o potencial de produzi-las existente na célula. Em outras palavras, confundiam genótipo e fenótipo. A clara distinção dessas ideias foi uma enorme contribuição para o desenvolvimento da biologia, possibilitando uma verdadeira revolução conceitual, que contribuiu de modo significativo para o desenvolvimento da genética.

Esses conceitos foram criados a partir das pesquisas que Johannsen realizou usando linhagens puras de feijão. Seus experimentos, iniciados em 1901, tratavam da seleção para aumento e diminuição do peso de sementes e exerceram grande influência no estudo sobre hibridização de animais e plantas. Como nesses experimentos a resposta à seleção – isto é, a mudança de peso – praticamente não ocorreu, ele concluiu que isso se devia à ausência de variação genética naquelas linhagens e que as diferenças entre as sementes seriam causadas pela ação do ambiente. Isso contradizia a visão de herança de darwinistas como Karl Pearson (1857-1936) e Francis Galton (1822-1911), para os quais a variação surgiria a cada geração.

Johannsen foi um representante típico do iluminismo nórdico do final do século 19 e início do 20, pois sua paixão por ciência dividia espaço com seu interesse por filosofia, história, literatura, arte

e política. Ao explicar a distinção entre fenótipo e genótipo, ele se referiu ao conceito aristotélico de forma, e em outros trabalhos mostrou-se diretamente influenciado pelo filósofo inglês Francis Bacon (1561-1626).

Seu trabalho mostra que um feito científico não precisa necessariamente ser eloquente ou romantizado para ser grandioso. Em outras palavras, a construção de teorias nem sempre está associada a eventos inspiradores e determinantes, como a viagem de Charles Darwin (1809-1882), a bordo do *Beagle*, ou o trabalho solitário, como o de Gregor Mendel (1822-1884), ou ainda a descoberta de Isaac Newton (1643-1727) produzida pela queda de uma maçã. No caso de Johannsen, a construção de ideias resultou da reflexão sobre o conhecimento disponível em sua época, da realização de alguns experimentos e de muita originalidade. Seu trabalho é, portanto, uma imagem adequada de como em geral se dá a construção do conhecimento científico – por meio de pequenos grandes passos. A simples proposição do termo gene mostrou-se suficientemente poderosa para guiar a pesquisa em genética até os dias atuais.

#### João Carlos M. Magalhães

Departamento de Genética,  
Universidade Federal do Paraná

#### Leyla Mariane Joaquim

Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia  
e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia

# A pitoresca história da estatística

**Uma senhora toma chá – Como a estatística revolucionou a ciência no século 20**

**David Salsburg**

Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor, 288 p., R\$ 49,90



No século 20, diversas disciplinas científicas passaram em maior ou menor grau pela revolução probabilística. Em vez de imaginar que os fenômenos estudados seguem leis determinísticas, as ciências modernas partem da ideia de que estes seguem distribuições probabilísticas. Há possibilidade de conhecermos o mundo, mas nunca temos certeza absoluta sobre os resultados de nossas investigações. Essa passagem de uma visão determinística do mundo, que caracterizou as ciências até o século 19, para uma visão probabilística, a partir do século 20, foi possível graças aos avanços e revoluções ocorridos em uma disciplina: a estatística.

A estatística não surgiu naturalmente, mas sim a partir do trabalho de diversos pensadores e estudiosos. As histórias de como eles criaram e desenvolveram as diversas facetas do conhecimento estatístico são contadas no fascinante livro de David Salsburg. Mostrando conhecimento sobre os fundamentos matemáticos, Salsburg relata a história viva da estatística, ou seja, a história das pessoas que inventaram esses métodos e teorias, das controvérsias e brigas entre estatísticos e do contexto político e social em que se encontravam seus protagonistas.

O autor começa o livro contando uma incrível anedota que ilustra como o famoso geneticista e estatístico inglês Ronald Fisher (1890-1962) explicou os fundamentos matemáticos do método experimental. Reza a lenda que, em uma tarde ensolarada em Cambridge, uma senhora afirmou que o gosto do chá seria completamente diferente se o leite fosse acrescentado à xícara antes ou depois do chá. O professor Fisher teria proposto um experimento em que a senhora deveria tomar aleatoriamente xícaras de chá com leite, acrescentado antes ou depois. Dessa forma, afirmava ser possível testar se a senhora distinguia o gosto do chá por sorte ou por conhecimento de causa. Mas essa é apenas uma anedota; não foi assim que Fisher descobriu os fundamentos matemáticos do método experimental.

Antes de chegar à história de como Fisher descreveu os fundamentos do método experimental, Salsburg conta como Karl Pearson (1857-1936) sucedeu Francis Galton (1822-1911) – o inventor da correlação estatística e da regressão à média – em seu laboratório biométrico. Pearson pretendia testar hipóteses derivadas da teoria de Darwin sobre o surgimento de novas espécies a partir

de mudanças aleatórias nos ambientes ocorridas em paralelo, mas não correlacionadas, a mudanças aleatórias nos organismos. Ele acreditava que somente o conhecimento de distribuições matemáticas de probabilidade seria capaz de explicar a teoria de Darwin. Embora essa ideia seja poderosa e, em última instância, verdadeira, Pearson ficou toda a vida preso a uma coleta insana de dados para provar suas teorias, quando outros estatísticos, inclusive seu filho, Egon Pearson (1895-1980), já estavam mais à frente no desenvolvimento da ciência.

Um dos principais opositores e críticos de alguns erros de Pearson pai foi Ronald Fisher, que no início de sua carreira não foi reconhecido pelo poderoso Pearson e acabou aceitando um emprego em uma estação de experimentação agrícola. Foi a partir das experiências neste local isolado, Rothamstead, e não da tarde ensolarada tomando chá, que Fisher escreveu uma série de artigos definindo os fundamentos do método experimental. Salsburg conta de forma viva e emocionante a história de Fisher, descrevendo as contribuições desse grande cientista para o desenvolvimento da estatística, mas mostrando outras facetas de sua personali-

de, como, por exemplo, as tendências fascistas.

Além de relatar as controvérsias entre Pearson e Fisher, o autor conta a história de diversos outros estatísticos e cientistas que contribuíram para o desenvolvimento dos métodos que são hoje parte do cotidiano de qualquer cientista. As histórias se multiplicam no livro e são sempre narradas de forma agradável e instigante. Os leitores que conhecem e trabalham com estatística vão adorar conhecer as histórias dos homens e mulheres que inventaram os métodos que usam em seu cotidiano de trabalho. Por exemplo, as de William Gosset (1876-1937), que inventou o teste *t* de Student enquanto trabalhava na cervejaria Guinness; de Chester Bliss (1899-1979), inventor do modelo *probit*; de Jerzy Neyman (1894-1981), que desenvolveu a matemática que explica os testes de hipótese; de W. Edwards Deming (1900-1993), que revolucionou a indústria japonesa; ou de Andrey Kolmogorov (1903-1987), o gênio matemático que desenvolveu a teoria da probabilidade, entre outras, de forma ímpar.

Além de ser interessante para o pesquisador que usa estatística em seu trabalho, o livro é uma leitura agradável para qualquer pessoa curiosa que esteja interessada em conhecer melhor a história das ciências modernas. O historiador da ciência mais especializado, no entanto, talvez sinta falta de explicações mais detalhadas e profundas sobre a história da estatística, mas o livro não se destina ao historiador profissional. Foi escrito para um leitor que deseje se distrair com relatos pitorescos sobre a importância da estatística para a ciência no século 20. Recomendando fortemente o livro; com certeza, o leitor vai se divertir.

**Carlos Antonio Costa Ribeiro**

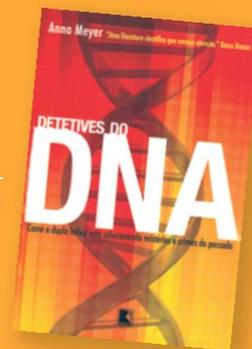
*Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro, Universidade Candido Mendes e Departamento de Ciências Sociais, Universidade do Estado do Rio de Janeiro*

**Detetives do DNA**

**Anna Meyer**

*Rio de Janeiro, Record, 288 p., R\$ 39*

O DNA é a molécula que guarda todas as informações biológicas sobre um determinado indivíduo. Ela existe em todos os seres vivos e pode até ser encontrada nos restos de pessoas, animais ou vegetais que já morreram há muito tempo, como há 100 mil anos. Esse material genético é chamado de DNA antigo e o seu estudo serve de base para que a autora discuta alguns mistérios da história, tanto humana quanto da vida no planeta. Os sete capítulos do livro abordam, entre outros, temas como a relação dos neandertais com a humanidade moderna, a possibilidade de se ressuscitar espécies extintas, a natureza da peste negra e o destino de Anastácia Romanova, herdeira da dinastia russa deposta na revolução bolchevique. O livro conclui com uma discussão sobre o futuro do campo do DNA antigo.



**Lina por escrito**

**Silvana Rubino e Marina Grinover (org.)**

*São Paulo, CosacNaify, 208 p., R\$ 59*

“Original ao extremo”, assim era considerada por muitos a arquiteta Lina Bo Bardi (1914-1992), nascida em Roma e que veio morar no Brasil em 1946, na companhia do marido, o crítico e colecionador Pietro Maria Bardi. Neste livro, são reunidos 33 textos publicados por Lina entre 1943 e 1991 em revistas italianas e em periódicos brasileiros. Os artigos discutem temas como habitação, mobiliário, arte popular, museologia, restauro, educação e políticas culturais e são ilustrados por desenhos originais, fotografias e obras gráficas da própria arquiteta. Segundo as organizadoras da coletânea, sua leitura constitui uma via de aproximação à criação arquitetônica de Lina, notabilizada por projetos emblemáticos como os do Museu de Arte de São Paulo (Masp), o Sesc Pompéia (SP) e o Museu de Arte Moderna da Bahia.

**Flores da floresta amazônica: a arte botânica de Margaret Mee**

**Margaret Mee**

*São Paulo, Escrituras, 168 p., R\$ 99,90*

“Após uma noite incômoda, vi no raiar das primeiras luzes matinais uma das mais lindas cenas: uma revoada de flamingos contrastando com o verde escuro da floresta, como se fosse uma chuva de pétalas de gerânio.” A descrição inspirada pertence ao diário da primeira expedição à Amazônia feita, em 1956, por Margaret Mee e faz parte do livro bilíngue (português-ínglês), que, além de trechos dos diários de viagem, traz reproduções de trabalhos dessa pesquisadora da floresta tropical brasileira, artista e conservacionista. Nascida em 1909, na Inglaterra, Mee veio para o Brasil na década de 1950 e aqui ficou até morrer, em 1988, consagrando-se como importante ilustradora botânica. Nos 32 anos de viagens pela floresta, ela registrou nove novas espécies de plantas, que ganharam nomes em sua homenagem, como, por exemplo, a *Aechmea meeana*, a *Sobralia margaretae* e a *Neoregelia margaretae*. Neste livro, além de admirar suas imagens botânicas, o leitor conhecerá seus comentários sobre as flores, árvores, aves e animais da região amazônica, bem como sua cruzada apaixonada pela preservação da floresta.



# Uma realista esperançosa

Uma educadora no sentido mais amplo. Assim pode ser definida a matemática Maria Laura Mouzinho Leite Lopes, que dedicou toda sua vida profissional a formar pessoas em sua área de atuação. “Antes de ser matemático, é preciso ser um cidadão preocupado com os problemas da sua época”, ensina ela, para quem “mais importante do que fazer pesquisa, é poder formar alunos; é entender que a matemática é uma forma de pensar, de interpretar o mundo e resolver as situações que se apresentam”.

Pernambucana de Timbaúba dos Mocós, Maria Laura foi alfabetizada em casa e só começou a frequentar a escola aos oito anos de idade. Fez o curso primário em uma escola pública de referência no Recife. Cálculos não eram o seu forte. Foi na Escola Normal, ao conhecer o professor Luís de Barros Freire (1896-1963), que começou o seu entusiasmo pela matemática. Ele definitivamente influenciaria a escolha de sua carreira.

Primogênita de sete mulheres e apenas um homem, Maria Laura saiu do Recife com sua família, em 1935, para morar no Rio de Janeiro. Como o curso normal era restrito a Pernambuco, teve que fazer o chamado exame de madureza, para maiores de 18 anos. Aquela menina magrelinha, pequenininha, então com 16 anos de idade, fez a prova e passou graças ao bom preparo que havia tido nas escolas do Recife. Para fazer o exame, seu pai teve que adulterar sua certidão de nascimento.

Mas logo se mudou novamente com a família, dessa vez para Petrópolis, onde estudou no Colégio Sion. As aulas eram em francês, língua que ela não dominava. Seus progressos foram rápidos e pôde concluir o colégio no fim de 1936. Passou o ano seguinte se preparando para o vestibular. Fez a prova em 1938 para a Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil, mas foi reprovada em desenho. “Foi a maior decepção, porque eu tinha passado em matemática e física”, conta.

Como a situação financeira não estava boa, a família voltou para o Rio no início de 1939. Incentivada pelas freiras de Petrópolis, procurou a Universidade do Distrito Federal (UDF), no Rio. Ao chegar lá, nova frustração: o vestibular havia terminado. Triste, andando cabibaixa pelo Largo do Machado, encontrou seu antigo professor do Recife, Luís Freire. “Chorei no ombro dele”, lembra Maria Laura. “Contei o que tinha acontecido e disse que eu queria fazer matemática.” Como Freire era decano da Escola de Ciências da UDF e ela tinha passado nas disciplinas exigidas no vestibular daquela universidade, disse-lhe que ela estava matriculada. Maria Laura começou a estudar naquele mesmo ano.

Quinze dias de aula depois, a UDF foi fechada pelo governo de Getúlio Vargas. Em seu lugar, foi criada a Faculdade Nacional de Filosofia (FNF), da Universidade do Brasil. Professores e alunos da UDF foram incorporados à FNF. Foi a primeira turma de matemática da FNF, com seis homens e cinco mulheres.

Em 1940, o professor Ernesto Luiz de Oliveira Júnior convidou-a junto com outra aluna, Moema Correa Mariani (hoje Moema Sá Carvalho), a trabalharem como assistentes em suas aulas de geometria. A saúde de Oliveira Júnior piorou nos anos seguintes e as duas acabaram assumindo os encargos da cadeira de geometria.

Maria Laura fez seu concurso para livre-docente em 1949 com a tese 'Espaços projetivos – Reticulado de seus subespaços' e foi acusada – injustamente – de plágio pelo professor José Rocha Lagoa (1901-1957). O mal-entendido foi esclarecido mais tarde. Foi convidada como visitante pela Universidade de Chicago, onde assistiu a cursos e seminários por pouco mais de um ano. De solteira, a jovem matemática, então com 31 anos, passou a namorada: "Arranjei muitos namorados lá. O primeiro foi colombiano, depois teve um americano, depois um português...", recorda-se rindo.

Refutada a acusação à sua tese, o próprio Rocha Lagoa indicou seu nome, em 1953, para ser catedrática interina da cadeira de geometria na FNFi. Anos antes, ela participara da criação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), em 1949, e do Instituto de Matemática Pura e Aplicada (Impa), em 1952. Nesse mesmo ano, ingressou na Academia Brasileira de Ciências.

Casou-se, em 1956, com o físico José Leite Lopes (1918-2006), viúvo havia seis meses, com dois filhos pequenos. Maria Laura adotou os meninos como seus e, dois anos depois, nasceu sua filha Ângela. No final de 1956, foram para o Caltech [Instituto de Tecnologia da Califórnia], onde passaram um ano. De volta ao Brasil, retomou suas atividades na FNFi. Entre 1958 e 1960, participou das discussões e reuniões que resultariam no projeto, liderado pelo antropólogo Darcy Ribeiro (1922-1997), de criação da nova Universidade de Brasília (UnB). Mas nunca chegou a trabalhar lá.

Com o golpe militar de 1964, muitos professores foram afastados da FNFi. Não foi o seu caso nessa ocasião. No fim daquele ano, Leite Lopes recebeu um convite da Universidade de Paris, em Orsay, França, para onde foi toda a família. Voltaram em 1967, já com uma nova Constituição no país e uma reforma universitária "autoritária" em andamento. Começou o esfacelamento da FNFi, e a Universidade do Brasil passou a se chamar Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), onde foram criados os Institutos de Matemática, Física e Química. ▶



Lecionou matemática para alunos do ensino médio do Colégio Estadual André Maurois. Como era chefe do Departamento de Matemática da FNFi, em 1968 foi incorporada ao recém-criado Instituto de Matemática da UFRJ como professora-titular. Em dezembro daquele ano, veio o Ato Institucional nº 5 (AI-5) e quatro meses depois, a cassação. Mudou-se com o marido e a filha para os Estados Unidos e depois para Estrasburgo (França), onde teve a oportunidade de trabalhar no Instituto de Pesquisa para o Ensino de Matemática (IREM, na sigla em francês) e aprofundar seu interesse pela educação matemática. Voltou da França, em 1974, já separada de Leite Lopes.

Sem emprego, o retorno foi difícil. “Mas tive a ajuda de muita gente”, diz. A amiga Anna Averbuck arrumou-lhe o cargo de coordenadora de matemática, do maternal à 4ª série, do Colégio Eliezer Steinberg, experiência, segundo ela, gratificante por lhe ter permitido observar o aprendizado das crianças desde muito pequenas. Reuniu pessoas interessadas no estudo das mudanças pelas quais o ensino da matemática passava, fundando, em 1976, o Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação Matemática (Gepem), do qual foi presidente por oito anos. Nesse ano, organizou o 1º Seminário Nacional de Educação Matemática. Como presidente do Gepem, idealizou, em convênio com a Universidade Santa Úrsula (USU), o primeiro curso de pós-graduação *lato sensu* de educação matemática do Brasil, que inspiraria, em 1982, a criação do mestrado em educação matemática da USU.

Com a anistia, voltou em 1980 para o Instituto de Matemática da UFRJ. Em 1983, junto com profissionais de outras áreas, criou o Projeto Fundão, na UFRJ, com o objetivo de apoiar e melhorar a formação de professores de matemática e ciências do ensino fundamental e médio. Pioneiro por reunir professores universitários de diversas disciplinas em prol da melhoria do ensino básico, o Projeto Fundão se mantém até hoje. No final da década de 1980, foi criada a Sociedade Brasileira de Educação Matemática, da qual é presidente de honra. Graças a ela, a academia começou a ‘olhar’ para a área, criando cursos de especialização, mestrado e doutorado em educação matemática.

Professora emérita da UFRJ desde 1996, Maria Laura continua trabalhando e coordena o Setor de Matemática e um grupo temático do Projeto Fundão. Com 90 anos, vai duas vezes por semana ao Fundão (UFRJ), orienta monografias de licenciatura e do curso de especialização, assim como dissertações de mestrado, às vezes em sua própria casa.

Em 2008, por ocasião do 25º aniversário do Projeto Fundão, os amigos a homenagearam com uma placa comemorativa com uma bela frase do escritor alemão Johann W. Goethe, que resume o espírito de Maria Laura, a quem nunca falta ousadia: “Seja qual for o seu sonho, comece. Ousadia tem genialidade, poder e magia”.

Quando questionada sobre o futuro da matemática e o ensino da disciplina no Brasil, ela sabe que ainda há muito por fazer, mas se considera, como o escritor paraibano Ariano Suassuna, “uma realista esperançosa”.

**Alicia Ivanishevich**

*Ciência Hoje/RJ*



Em Recife, Maria Laura (a mais alta), então com 15 anos, com seus pais, Laura e Oscar, e suas irmãs: na primeira fila, Maria de Lourdes, Maria da Graça e Maria da Conceição; atrás, Maria Lúcia e Maria Laís

### Como era sua família?

Meu pai, Oscar Mousinho, tinha apenas o curso primário, mas era um autodidata e gostava muito de ler. Tinha uma cultura bastante ampla. Ele trabalhava no comércio, na área têxtil. Minha mãe, Laura M. Mousinho, era formada no curso normal por uma escola de elite de Pernambuco. Éramos sete mulheres e só um homem. Quase todas as mulheres têm nível universitário e algumas têm até doutorado. Meu irmão, Gabriel, fez curso técnico no setor têxtil e acabou seguindo carreira nessa área.

### Como foi a sua formação escolar?

Nasci na Zona da Mata pernambucana, em 1919, e fui para o Recife pouco antes de completar três anos. Fui alfabetizada em casa. Só fui para a escola aos oito anos de idade. O Grupo Escolar João Barbalho, onde fiz o curso primário, era muito bom, uma escola pública de referência. Pernambuco tinha tido um grande secretário de Educação, Antonio Carneiro Leão, que trouxe muitas inovações para o ensino. No João Barbalho, conheci o Leopoldo Nachbin [matemático, 1922-1993] e tive excelentes professores. Depois fui para a Escola Normal, como era esperado para as mulheres. Lá tive a grande sorte de ter como professor de matemática o engenheiro Luís de Barros Freire. Um humanista. Ele também era professor de física na Escola de Engenharia. Eu não era boa em matemática no primário, errava muito nas contas. Mas Freire me mostrou que matemática era mais que isso, era pensar, resolver problemas. E fiquei entusiasmada. Lá tive aulas de canto, por exemplo, com o maestro Ernani Braga [1898-1948], o que mostra a excelência da Escola Normal de Pernambuco. Só estudei três anos lá,

porque meu pai recebeu um convite do concunhado, o industrial Severino Pereira da Silva, e viemos para o Rio, em 1935. Eu tinha então 16 anos e o curso normal não era aceito, porque era restrito ao estado. Teria que recomeçar o curso ginásial. Então fiz o exame de madureza, que avaliava os primeiros anos do curso ginásial. Meu pai teve que alterar minha certidão de nascimento para 18 anos, quando na verdade tinha 16. Só fiquei sabendo disso muito depois. Felizmente consegui passar. Fui então fazer o 4º ano ginásial em um colégio

particular, o Instituto Lafayette. Mas minha família não estava bem de saúde devido ao calor; uma das minhas irmãs havia tido hepatite. Então, tio Pereira, que veraneava em Petrópolis e tinha uma casa para alugar perto da dele, nos chamou e nos mudamos para lá. Foi um desafio ainda maior.

### Então foi para Petrópolis em 1936?

Sim, fui estudar no Colégio Sion, junto com as minhas irmãs – até então éramos seis. Era um colégio de elite, mas, como éramos muitas, as freiras fizeram um preço camarada. O ensino era puxado: aulas em francês! As minhas colegas estudavam latim desde o curso de admissão; estavam lendo *Eneida*, de Virgílio. Já eu só tinha algumas noções de latim que havia aprendido no Instituto Lafayette. Foi difícil, mas aceitei o desafio. Eu tinha vantagem na área de ciências sobre as minhas colegas, principalmente em matemática, por causa da boa formação na Escola Normal.

### Foi nessa época que decidiu seguir matemática?

Desde o ginásio, eu queria ir para a universidade e pensava na área de ciências. Mas, para fazer ciências naquela época, ou se entrava em uma escola de engenharia ou na escola militar. No Sion, tínhamos o que chamávamos de ‘mestra de classe’, uma religiosa que atuava além dos outros professores. A mestra do 5º ano, da classe Violeta, era uma freira francesa muito inteligente, a irmã Felícia, que dava aulas de literatura, história, francês, e eu caí nas graças dela. Aí, numa ocasião, ela perguntou: “O que você vai fazer quando sair do colégio, Maria Laura?” E eu respondi: “Acho que engenharia, ou matemática”.

Então rapidamente ela disse: “E o que você vai conversar com o seu marido?” Era essa a mentalidade da época, a de que o Sion tinha que formar aquelas damas da sociedade muito cultas, que falavam línguas etc.

*A matemática não era para mulheres... (risos)*

Exatamente. Para entrar na universidade, ainda era preciso fazer um curso complementar. Mas como eu tinha feito o exame de madureza, podia fazer direto o vestibular. Passei o ano de 1937 me preparando para o vestibular. Em 1938 tentei o ingresso na engenharia e fui reprovada em desenho. Foi a maior decepção. Comecei então a dar aulas particulares de matemática. Minha família voltou para o Rio, porque a situação financeira estava ruim. Passei a dar aulas também no Colégio Sion, do Rio. Mas eu guardava aquela insatisfação por não ter entrado na faculdade. Então fui passar o carnaval em Petrópolis e revii a irmã Felícia. Ela disse para eu não desanimar. Meu pai tinha um irmão que era cônego no Rio, Gabriel Mousinho, que sabia da existência da Universidade do Distrito Federal (UDF). Então, ainda no início de 1939, fui procurar a UDF. Mas quando cheguei lá, tive uma nova decepção: não podia mais me inscrever; o vestibular havia terminado. Saí desolada, e comecei a andar pelo Largo do Machado quando vi o Luís Freire, que tinha sido meu professor no Recife. Conteí o que tinha acontecido, que eu queria fazer matemática. Aí ele disse que eu estava matriculada. Ele era decano da Escola de Ciências da UDF e conseguiu driblar os entraves burocráticos. Conclusão: comecei a frequentar o curso de matemática em março de 1939.

*Como era o curso na época?*

Era excelente. A UDF tinha sido criada por Anísio Teixeira [1900-1971] e a parte que se desenvolveu bem foi a Escola de Educação (eram cinco Escolas ao todo), idealizada para preparar professores para todos os níveis de ensino. Eu estudava na Escola de Ciências, que reunia os cursos de matemática, física, química... Nesse primeiro momento, tivemos somente 15 dias de aula. A UDF foi fechada e, em seu lugar, foi criada, em abril, a FNFi, que faria parte da Universidade do Brasil. Todos os alunos e professores da UDF foram incorporados à FNFi. Quando as aulas retornaram, o professor Lélío Gama [1892-1981] havia assumido a chefia do Departamento

No curso pré-vestibular de engenharia, Maria Laura (de chapéu, ao centro) e o seu amigo Pascoal Villaboim (o primeiro agachado à esquerda), em 1937

de Matemática. Veio de São Paulo o professor Ernesto de Oliveira Júnior. A cátedra de análise ficou com o Lélío, a de geometria com o Oliveira Júnior e a de complementos matemáticos com o José Rocha Lagoa. Essa vaga deveria ter sido do Luís Freire, mas o Dasp [Departamento Administrativo do Serviço Público] não concordou em fazer sua transferência definitiva do Recife. Foi uma pena.

*A sua turma foi a primeira da FNFi?*

Sim. Éramos cinco mulheres e seis homens: Moema Sá Carvalho, Yolanda Nogueira, Celina Noronha, Ester Nunes Pereira, Armando Dias Tavares, Hélio Fontes, Murilo Portelinha de Oliveira, Alércio Moreira Gomes, Carlos Augusto Domingues, Pascoal Villaboim Filho e eu. Nos dois primeiros anos, tínhamos aulas junto com o pessoal da física. Entre os estudantes, estavam Jayme Tiomno e Francisco Alcântara Gomes. Futuros matemáticos como Maurício Mattos Peixoto, Leopoldo Nachbin e Marília Chaves [1921-1961] eram alunos da engenharia e vinham assistir às nossas aulas. Obtive o título de bacharel, em 1941, e, no ano seguinte, o de licenciada.

*Quando começou a trabalhar na área?*

O Oliveira Júnior tinha um problema pulmonar, que o obrigava a se afastar das aulas de vez em quando. No segundo ano do curso, ele convidou a Moema e a mim para sermos monitoras. Ele preparava os exercícios com a gente e assistia às nossas aulas. Começou a nos formar, e isso foi muito importante. Então, fomos monitoras da turma que entrou em 1940, que era muito especial. Tinha o Leite Lopes, que já era formado em química e tinha vindo do Recife fazer o curso de física, o Chafi Haddad [1918-2005], que foi pró-reitor

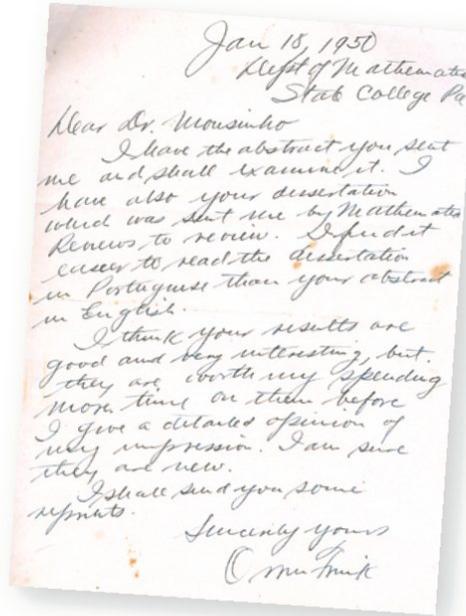


e catedrático em arquitetura, a Elisa Frota Pessoa, o Rio Nogueira [1922-2005] e o Jessé Montello. E nós fazíamos exercícios para esse povo! Em 1942, o Oliveira Júnior piorou e pediu licença. Então Moema e eu praticamente assumimos a cadeira. Nós já havíamos nos formado no bacharelado, quando o [Francisco Clementino de] San Tiago Dantas [1911-1964], que era o diretor da FNFi, disse ao Oliveira Júnior que tinha uma vaga de assistente. Para ele decidir entre Moema e eu, era muito complicado. Mas, nessa ocasião, eu não ficava no Rio, porque minha família havia se mudado para Belo Horizonte. Então Moema foi chamada. E ela dividiu comigo o salário de assistente até que eu fosse nomeada, em 1943. Somos muito amigas até hoje. São 70 anos de amizade!

**Conte como foi a história de sua livre-docência. Foi problemática, não?**

Em 1945, veio para a FNFi o matemático português António A. Monteiro [1907-1980], que havia fugido do regime do [António de Oliveira] Salazar [1889-1970, ditador de 1933 a 1968]. Monteiro nos estimulou muito a seguir carreira universitária. Como não havia doutorado aqui, tínhamos que fazer a livre-docência. Houve então uma cisão no Departamento de Matemática entre um grupo, capitaneado pelo Monteiro, e outro, pelo Rocha Lagoa. Em 1949, fui fazer a livre-docência, orientada pelo Monteiro, e o Rocha Lagoa fez questão de ser da banca examinadora, que era composta pelo Elysiário Távora Filho [1910-2001], da mineralogia, e o Oliveira Júnior. De fora, vieram o Christóvam Colombo dos Santos [1890-1980] e o [Luís] Caetano de Oliveira. O Rocha Lagoa quis ser o primeiro a falar na defesa da tese. E disse: “Professora Maria Laura, é muito bom o seu percurso aqui na faculdade, mas a sua tese é um plágio com intenção dolosa. A senhora não é culpada; o culpado é seu orientador, Antonio Monteiro.” Ele me acusou de plagiar um artigo do [matemático norte-americano Orrin] Frink Jr. [1901-1988] sobre o qual eu tinha baseado minha tese. Eu subi nas tamancas. Fiz os maiores elogios ao Monteiro, porque inclusive o contrato dele na universidade não tinha sido renovado por ele ser antissalazarista. Fiquei completamente descontrolada. Em seguida, o Távora tomou a palavra e ficou tão desnordeado que disse: “Maria Laura, a sua tese é perfeita. Não tenho o que dizer”. Em seguida veio

Paraninfa da turma do curso de licenciatura de matemática da FNFi em 1955



Carta do matemático norte-americano Orrin Frink Jr. para Maria Laura, de 1950, confirmando que os resultados que ela obteve para sua tese de livre-docência são originais e, portanto, não se trata de um plágio

o Caetano, que também me defendeu. Então houve um intervalo e, depois, foi a vez do Christóvam me arguir. Ele foi formidável, porque me fez a pergunta certa para eu poder responder com propriedade. Era sobre o resultado que eu tinha obtido. Aí pude mostrar que não era plágio. O Oliveira Júnior também interveio a meu favor. Então fizeram a ata. O Rocha Lagoa não teve coragem de me dar uma nota de reprovação e me deu 7. Os outros todos me deram 10. Mas aí o Rocha Lagoa disse: “O concurso está nulo, porque a lei diz que todos os examinadores devem arguir o candidato e o professor Távora não arguiu.” Quem me defendeu foi novamente o Christóvam. Ele disse que a lei não dizia “arguir de erros”, e como o Távora declarou



José Leite Lopes e Maria Laura Leite Lopes em Paris, em 1967

que a tese era perfeita, ele havia feito uma arguição. Mas o Rocha Lagoa não se contentou. Naquela época a gente recebia os vencimentos em espécie. Um funcionário do Ministério da Fazenda vinha com uma maleta e entregava o salário um a um. Então, quando eu estava na fila para receber o ordenado daquele mês, o Rocha Lagoa mandou o servente distribuir a arguição que ele tinha feito da minha tese. Certamente, o mais atacado foi o Monteiro. Decidi fazer uma resposta. Na fila do mês seguinte, mandei distribuí-la. No outro mês, veio sua tréplica.

*Nessa época a senhora era professora da FNFi?*

Sim. Nessa ocasião, Leopoldo [Nachbin], Maurício [Peixoto] e Marília [Chaves] estavam nos Estados Unidos, e eu recebi um convite para ir à Universidade de Chicago, onde eles estavam. Quando cheguei lá, em dezembro, eles disseram que eu deveria escrever uma carta ao Frink, pedindo para ele opinar sobre a minha tese. Foi o que fiz. E o Frink respondeu imediatamente: “Posso afirmar que o resultado deste trabalho é novo, original.” Traduzimos a carta e pedi a minha irmã para ir até a faculdade distribuir uma cópia para todo mundo. Assunto encerrado. Fiquei em Chicago pouco mais de um ano como aluna-visitante. Podia frequentar tudo o que eu quisesse, conheci muitas pessoas de diferentes nacionalidades, segui cursos, seminários. Foi muito rico para mim. Arranjei até vários namorados.



Quando voltei, já era livre-docente.

Para o Oliveira Júnior, era um sacrifício dar aulas, então eu respondia pela cadeira. Um dia, o próprio Rocha Lagoa se aproxima de mim e diz: “Quero propor que a senhora seja catedrática interina, porque não acho justo o professor Oliveira Júnior ficar tanto tempo fora e a senhora respondendo pela cadeira, a senhora já é livre-docente”. Foi a maior surpresa na congregação. Na verdade, ele queria pegar no pé do Oliveira Júnior. Assim me tornei catedrática interina em 1953.

*A senhora participou da formação do CBPF. Como surgiu a ideia?*

A ideia foi do Leite. Em São Paulo, havia o regime de tempo integral na universidade, mas fazer pesquisa no Rio era muito difícil, não havia laboratórios nem dedicação exclusiva. Então o Leite escreveu para o [César] Lattes [1924-2005], que, com a descoberta do méson pi, era um nome nacional. E o Lattes veio para o Rio. Primeiro criaram a cadeira de física nuclear para ele na FNFi. Mas ele começou a perceber que havia necessidade de fazer pesquisa em física, matemática... Começamos a fazer reuniões. O António Monteiro foi muito importante nesse processo. Como era vizinho de Leite em Santa Teresa, conversavam muito. Por outro lado, o Lattes tinha conhecido na Califórnia o Nelson Lins de Barros [1920-1966], irmão do João Alberto [1897-1955], que era empresário e politicamente influente. Com a ajuda dele, criaram o CBPF, como sociedade civil, em 1949. E eu fui membro fundadora. O CBPF começou a funcionar, inclusive, no escritório do João Alberto.



No lançamento do livro *Em busca da liberdade*, de Alceu Amoroso Lima, em julho de 1974, Maria Laura parabeniza o autor

Comemoração, com todos os irmãos, dos 60 anos de casados de seus pais. Da esquerda para a direita, Maria da Conceição, Maria de Lourdes, Maria Laura, Gabriel, Maria da Graça, Maria Lúcia, Maria Laís e Maria Regina



### *E a criação do Impa?*

Apesar de ser reconhecido como um dos melhores matemáticos do país, o Leopoldo não conseguia fazer carreira universitária, chegar a professor-titular. Sua formação era em engenharia, mas ele queria dar cursos de matemática. Eu era do grupo dele e do Maurício. Quando o Cândido [Lima da Silva Dias, 1913-1998], então na USP [Universidade de São Paulo], vinha para o Rio, se hospedava na casa de Mário da Silva Pinto, do CNPq, onde também morava seu cunhado, Lindolpho de Carvalho Dias, que por sua vez era primo do Cândido. Então o Lindolpho mostrou ao Cândido a dificuldade de a matemática vingar no Rio. No CBPF existia um Departamento de Matemática que reunia os principais matemáticos do Rio. Então, o Cândido levou a proposta ao recém-criado CNPq de fundar um instituto de âmbito nacional, subordinado ao CNPq, para desenvolver a matemática no país. Em 1952, foi criado o Impa e, para dirigi-lo, foi convidado o Lélcio Gama, que ficou no cargo até 1965. Maurício foi o primeiro secretário-geral, mas logo largou o posto, que eu assumi ainda em 1952, e fiquei até 1956, quando casei e fui para o exterior.

### *E o seu casamento, como foi?*

O Leite foi convidado, em 1955, a ser secretário-executivo da Comissão Internacional Atos para a Paz, primeiro nos Estados Unidos e depois em Genebra. Quando voltou, sua mulher, Carmita [Maria do Carmo Moreira Ferreira], já estava muito doente, com câncer, e Marília e eu procuramos dar assistência à família. Ela faleceu em 1956 e deixou dois filhos pequenos: José Sérgio, com 9 anos, e Sílvio Ricardo, que ia fazer 3. O pequenininho sofreu muito. Ele dizia que tinha medo da noite. Seis meses depois, casei com o Leite e os meninos passaram a ser meus filhos e eles a me considerar como mãe. A mãe de Carmita morava com eles e aceitei que ela continuasse a morar com a gente. Eu tinha uma bolsa da Capes para ir para a França, mas acabei indo com o Leite para os Estados Unidos dias depois de nosso casamento. A nossa filha, Ângela, nasceu em 1958.

### *A senhora fez parte do grupo de intelectuais que, com Darcy Ribeiro, ajudou a criar a Universidade de Brasília. O que se tinha em mente nessa época?*

Leite e eu éramos muito amigos do Darcy e da Berta [1924-1997] e os primeiros a saber que o Darcy havia sido incumbido de elaborar um projeto para estabelecer uma universidade em Brasília fomos nós. Ele nos perguntou o que achávamos da ideia, que aprovamos com entusiasmo. Começaram as reuniões com gente de diferentes áreas do mais alto nível. A UnB acabou nascendo em 1961, mas eu não cheguei a dar aulas lá.

### *Como foi a repercussão do golpe militar em suas vidas?*

No ano do golpe, em 1964, não perdemos nossas posições, a universidade não foi muito mexida. Só aqueles que bateram mais de frente com o regime foram afastados. No fim do ano, Leite recebeu um convite para a Universidade de Paris, em Orsay [França]. Ficamos lá até 1967 e voltamos já com uma nova Constituição. Foi o ano da Reforma Universitária, feita de forma autoritária. A FNFi começou a ser esfacelada. A Universidade do Brasil passou a se chamar Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e foram criados os Institutos de Matemática, Física, Química... Nessa ocasião, eu era professora de ensino médio no Colégio Estadual André Maurois, onde dava também um curso de extensão para professores, e era chefe do Departamento de Matemática da FNFi. Leite passou a ser diretor do Instituto de Física da UFRJ. Ainda em 1967, os professores da Universidade que tinham livre-docência e que exerciam temporariamente a cátedra foram elevados a titular. Foi o meu caso. Em 1968, fui incorporada como titular ao recém-criado Instituto de Matemática

da UFRJ, que funcionava dentro da Escola de Engenharia. O diretor era o Lindolpho [de Carvalho Dias]. Éramos 14 professores oriundos da FNFi. O AI-5 foi assinado em 13 de dezembro de 1968. E o decreto de nossa aposentadoria compulsória saiu em 26 de abril de 1969.

Quando veio a cassação, tínhamos começado a dar aula já com a nova estrutura universitária, todos bastante entusiasmados, embora fosse uma loucura aquele campus no Fundão.

*A senhora e o Leite Lopes foram aposentados na mesma época?*

Sim, estávamos na mesma lista de cassação. Fomos para os Estados Unidos, onde ficamos de setembro de 1969 a junho de 1970. Leite havia sido convidado para a Universidade Carnegie Mellon, em Pittsburgh. Como sabia que ficaríamos pouco tempo, não cheguei a buscar trabalho lá. De Pittsburgh fomos direto para Estrasburgo, com a nossa filha Ângela. Lá também fiquei um bom tempo sem trabalhar, até 1972, o que foi muito difícil para mim. Até que um dia encontrei a matemática Luciane Felix, que tinha conhecido em Paris. Ela me perguntou o que eu estava fazendo lá. Ao que impulsivamente respondi: “Eu vegeto.” Então ela me apresentou ao diretor do IREM, o matemático Georges Glaeser. Ele marcou um encontro, analisou meu currículo e me disse que, se eu quisesse trabalhar sem ser remunerada, poderia começar no dia seguinte. Ele precisava de alguém com experiência em geometria, pois estava organizando um livro nessa área.



Em 2004, entre suas amigas Moema Sá Carvalho e Yolanda Nogueira, todas alunas da primeira turma regular de matemática da FNFi. À direita, homenagem em 2004 do Centro Universitário de Barra Mansa por suas realizações na educação matemática



Foi a minha sorte. Comecei a trabalhar sem ganhar nada, mas logo depois fui contratada. Fiquei lá até 1974. Meu casamento nessa época já havia degringolado e a Ângela queria voltar, pois estava terminando o ensino médio. Os outros filhos haviam ficado no Brasil.

*Então, a senhora voltou em 1974...*

Sim, e sem emprego. Mas tive muitas ajudas. Anna Averbuck, que tinha sido minha aluna e era professora na Universidade Santa Úrsula [USU], me arrumou um emprego no Colégio Eliezer Steinberg, como coordenadora de matemática do maternal até a 4ª série. O objetivo era observar como as crianças começavam a aprender matemática desde muito pequenas, estudar a psicologia da infância, era muito interessante. Outra pessoa que me ajudou muito foi a Myrthes Wenzel, diretora do Centro Educacional de Niterói. Com a Anna, começamos a reunir pessoas como José Carlos Mello e Souza – irmão do Malba Tahan –, Moema Sá Carvalho e Franca Gottlieb e passamos o ano de 1975 conversando sobre as mudanças no ensino e pensando em criar uma sociedade de estudos sobre o ensino da matemática. Havia na época duas correntes no Brasil sobre o ensino da matemática. Uma dominada pelo belga Georges Papy, que pregava o uso da teoria de conjuntos, e outra pelo húngaro Zoltan Dienes, que trabalhava com material concreto. Nossa ideia era usar o que cada autor tinha de bom, adequando as suas teorias à nossa realidade. Já existia o Grupo de Estudos em Educação Matemática do Estado da Guanabara (Gemeg), que reunia pouca gente e não tinha muitos recursos. O Arago Backx, do Gemeg, que havia sido meu aluno, juntou-se a nós para fundar o Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação Matemática (Gepem) em fevereiro de 1976, com cerca de 20 membros. Fui presidente do Gepem por oito anos. O Gepem organizou o 1º Seminário Nacional de Educação Matemática, em abril de 1976, que contou com a participação de professores de quase todos os estados da federação. José Pelúcio Ferreira

[1928-2002], que estava na Finep, apoiou o evento e Aristides Pacheco Leão [1914-1993], presidente da Academia Brasileira de Ciências, abriu as portas da academia para realizar o encontro.

*Onde o Gepem começou a funcionar?*

Inicialmente no Colégio Eliezer. Depois, alugamos uma sala no Colégio Santa Rosa de Lima e, mais tarde, fomos para a USU. O vice-presidente do Gepem era o José Carlos de Mello e Souza, professor da USU,



Com seus filhos José Sérgio, Sílvio e Ângela, e seu neto, na comemoração dos 25 anos do Projeto Fundão, em setembro de 2008

que me levou para essa universidade. O Gepem organizou o primeiro curso de pós-graduação *lato sensu* de educação matemática do Brasil. Quem fornecia o diploma era a USU, mas convidávamos professores de fora da universidade, como o João Bosco Pitombeira de Carvalho e Gilda Palis, da PUC-Rio, a Moema Sá Carvalho, da UFRJ, e a psicóloga Maria Judith Sucupira. A educação matemática é uma área híbrida. Para trabalhar nela, é necessário conhecer matemática, mas não é suficiente. É importante ter conhecimentos de sociologia, psicologia, história, linguística, filosofia... É preciso abrir a cabeça dos estudantes. A partir desse embrião, a Santa Úrsula criou o mestrado em educação matemática em 1982.

*O regime militar ainda não permitia que voltassem para a UFRJ, não é?*

A anistia foi em 1979, mas só voltei para a universidade em maio de 1980. O diretor do Instituto de Matemática, Annibal Parracho Sant'Anna, tinha sido meu aluno. Ele me perguntou para qual dos quatro departamentos eu gostaria de ir. E eu disse que queria ir para um quinto departamento, de educação matemática. Mas como era muito difícil criar um novo departamento, acabei me enquadrando no de Estatística, o que foi muito proveitoso. A reforma universitária foi boa por introduzir a pesquisa e a pós-graduação na universidade, mas a graduação foi desprezada e a licenciatura, desvalorizada. Então era necessário olhar para esse segmento. Muitos professores do Instituto tinham sido meus alunos e colegas. Havia quem se opusesse à criação de um grupo de educação matemática, mas, com a minha volta, isso começou a mudar. Comecei a reunir pessoas que se interessavam pela educação matemática,

como Lucia Tinoco, Radiwal Alves Pereira, Charles Guimarães. Para formar um grupo, era necessário ter um problema. Então decidimos fazer uma pesquisa, em 1981, para avaliar o desempenho dos alunos, que saíam da 4ª série do ensino básico, nas quatro operações fundamentais. O estudo foi feito com quatro escolas públicas e uma particular do Rio de Janeiro. E concluímos que as crianças não estavam preparadas porque a formação dos professores deixava a desejar. Então, tínhamos pronto um diagnóstico das dificuldades dos alunos e, nesse trabalho, apontávamos o caminho para saná-las: a formação continuada dos professores.

*Foi esse o embrião do projeto Fundão?*

Sim. O ministro da Educação na época, o general [Rubem Carlos] Ludwig [1926-1989], havia lançado um programa de integração da universidade com o ensino básico. Em 1983, aproveitamos a deixa e propusemos ao MEC [Ministério da Educação e Cultura] um projeto – Formação Continuada de professores de 1º, 2º e 3º graus –, que foi aprovado posteriormente: o Projeto Fundão, estruturado por 10 professores – da física, biologia, química, matemática e geografia. A burocracia na universidade era enorme e, como coordenadora do grupo, decidi falar direto com o reitor, Adolpho Polillo. Ele veio falar comigo com um sorriso largo, porque iria receber o ministro naquele dia e teria em mãos um projeto pronto para lhe mostrar! Só foram aprovados pelo MEC quatro projetos: um do Rio Grande do Sul, outro de Juiz de Fora [MG], um do Pará e o Projeto Fundão. Com bolsa do SPEC [Subprograma de Educação para a Ciência], vários professores fizeram doutorado no exterior. Nosso objetivo é oferecer uma formação inicial e continuada a professores desde o ensino fundamental até o médio. Em 2008, o Projeto Fundão comemorou 25 anos de existência! No fim da década de 1980, dado o aumento no número de interessados, foi criada a Sociedade Brasileira de Educação Matemática, que agrega professores de matemática de todos os níveis. A academia começou a 'olhar' para a educação matemática, criando cursos de especialização, mestrado e doutorado para formar pesquisadores na área.

*E a aposentadoria compulsória chegou?*

Em 1996, a UFRJ me deu o título de professora emérita. Agora já não podem mais me aposentar... ■

## Artigos em livros

Gostaria de sugerir a elaboração de edições especiais com coletâneas dos artigos de física publicados na *CH* (bem como biologia, química, ecologia etc.). Isso facilitaria usá-los para o ensino, ou mesmo para presente. Podem ser feitos também volumes mais específicos, como coletâneas de artigos sobre transplantes, física de altas energias, prêmios Nobel e outros. Claro que seria necessário fazer uma consulta com professores, alunos e a comunidade científica sobre o interesse dos mesmos em tais edições. Já vi volumes desse tipo em outros países (...) e eles eram muito úteis (...). Estou organizando um curso optativo para alunos dos primeiros semestres da graduação em física e engenharia e sinto falta de coletâneas da *CH* com tais artigos.

**Marcia Begalli**  
Instituto de Física, UERJ  
Rio de Janeiro, RJ

✉ *O Instituto Ciência Hoje lançou, em 2007, uma coletânea de artigos (Física Hoje) sobre diferentes áreas da física atual publicados na CH no Ano Internacional da Física (2005). Também foram publicados dois volumes (Memória Hoje) com artigos sobre história da ciência, o primeiro com temas das ciências biológicas e ambientais (2008) e o segundo com temas das ciências*

*exatas (2009). Ainda neste ano foi publicado o volume Qual o problema?, que reúne as colunas de matemática publicadas desde 2005. O Instituto Ciência Hoje planeja lançar em 2010 um livro reunindo os artigos de astronomia publicados por ocasião do Ano Internacional da Astronomia. Prevê ainda outros volumes semelhantes em outras áreas do conhecimento.*

## Cárie e prevenção

Ao ler a nota 'Gene do esmalte' (*CH* nº 258), tive uma visão um pouco crítica da mesma. Infelizmente a descoberta do gene do esmalte (...) não livrará os pacientes da dor ou do 'motorzinho'. A cárie, que afeta as estruturas dentárias (esmalte e dentina), é um processo de desmineralização do dente, que é um mineral. Em consequência, o esmalte e a dentina tornam-se amolecidos e infectados, e devem ser removidos com instrumentos manuais e rotatórios (o famoso motorzinho) antes de qualquer tipo de restauração. Ou seja, não dá para se livrar disso. (...) Em resumo: se não nos preocuparmos com a higiene oral e a prevenção da cárie, com visitas frequentes ao dentista, de nada adiantará termos a receita de como produzir novo esmalte.

**Pedro Henrique R. de Moura**  
Cirurgião-dentista  
Por correio eletrônico

## Escala nas fotos

Mais uma vez, parabéns por mais uma atraente edição: a *CH* nº 259. Creio que o assunto de que trato já foi abordado por outros leitores. Se não, aqui vai meu comentário. Faz parte do treinamento científico a interpretação de escalas em figuras. Embora uma escala possa parecer um ruído visual, ela é importante para a própria informação visual que se pretende passar. (...) No número em questão, senti falta de escalas na página 14 (tamanho do meteorito), página 15 (tamanho da gralha) e, sobretudo, em todas as figuras do artigo 'Arquitetas do cerrado'. Qual o tamanho dos ni-

nhos das lagartas e das próprias lagartas? Se eu for andar em uma trilha no cerrado, o que devo procurar? Um ninho gigante? Uma pequena estrutura sob uma folha? Sugiro colocar uma escala junto ao crédito da imagem.

**Dario Palhares**  
Brasília, DF

✉ *A CH costuma usar escalas, na própria imagem, apenas em microfotografias, mas a sugestão está anotada.*

## Bastões de luz

Grande matéria essa sobre os atratores luminosos (*CH* nº 257). Esse tipo de resíduo sem dúvida é muito perigoso e ainda muito pouco conhecido pela população e pela comunidade científica. É muito importante disponibilizar tais informações para o maior número possível de pessoas para, assim, tentar conscientizar as comunidades litorâneas (...). Esse resíduo pode trazer problemas à saúde (...). Continuem assim.

**Antonio Anselmo S. Chagas**  
Por correio eletrônico

## Mais bastões de luz

Sou estudante de química e gostaria de elogiar a maravilhosa revista *CH* e pelas ótimas matérias que ela traz. Em especial, quero comentar sobre a edição 257, que traz a matéria sobre as armadilhas luminosas, a qual despertou muita curiosidade. Estou desenvolvendo um projeto sobre esses atratores.

**Morgana Molter**  
Por correio eletrônico

## Correções

- No artigo 'Astrobiologia: por que uma vida solitária no planeta Terra?' (*CH* nº 262), é dito, equivocadamente, que o famoso experimento de Stanley Miller e Harold Urey (produção de aminoácidos a partir da aplicação de descargas elétricas em uma atmosfera que teoricamente seria a da Terra primitiva) aconteceu em 1959. A data correta é 1953.
- No artigo 'A vitória de Sabin' (*CH* nº 262, p. 76), sobre os 50 anos da aprovação da vacina oral contra a poliomielite, o nome do descobridor da vacina está errado na legenda das primeiras imagens (é Albert Sabin, e não Albert Smith).

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

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

# Testes para a seleção – 3

**Marco Moriconi**

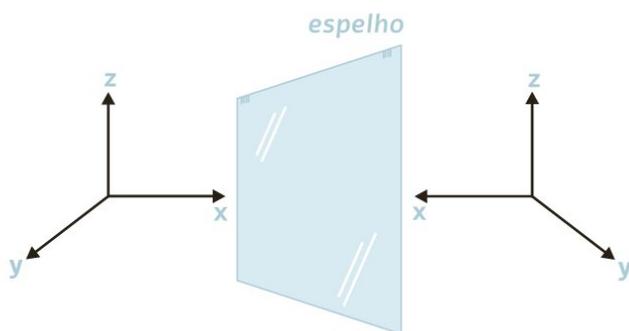
Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense  
moriconi@cienciahoje.org.br



Com esta coluna, encerramos a série de problemas que são (ou foram) aplicados em testes de seleção para empregos. Se você, leitor, chegou a esta terceira fase de nossa bateria de questões, merece relaxar um pouco. Não haverá cronômetro marcando o tempo de suas respostas. E, quanto à roupa, pode usar uma bem confortável para esta última etapa, que pode ser realizada em um ambiente com ar-condicionado.

Leia as questões com atenção. Pense bastante e responda com calma. De novo, desejamos boa sorte!

1. Se um espelho troca a direita com a esquerda, por que ele não troca 'para cima' com 'para baixo'?



2. Imagine uma balança de dois pratos. Em um deles, você coloca a mercadoria e no outro, pesos. Você tem que ser capaz de medir todos os valores inteiros de 1 kg até 1.000 kg. Qual o menor número de pesos de que você precisa para realizar essa tarefa? (Exemplo: com pesos 1 kg e 3 kg, você poderá pesar 1 kg, 3 kg e 4 kg, mas não 2 kg.)

## Soluções:

1. Um espelho não troca direita com esquerda. Ele troca 'para frente' com 'para trás'. Se ele trocasse direita com esquerda apenas, você deveria ver a parte de trás da sua cabeça e não seu rosto! Veja a ilustração dos eixos x, y e z. Note que o eixo x aponta para a direita (digamos que esse sentido seja 'para frente'). Já a imagem dele aponta para a esquerda ('para trás'). Os sentidos dos eixos z e y não se alteram.

2. Você precisa de um peso de 1 kg, para medir a menor unidade. Para medir 2 kg, você pode usar um peso de 2 kg. Com estes dois últimos valores (1 kg e 2 kg), você pode pesar 1 kg, 2 kg e 3 kg. Mas não pode-

rá pesar 4 kg. Então, podemos incluir um peso desse valor. Agora, com nosso conjunto, podemos pesar mercadorias de 1 kg a 7 kg. Mas não de 8 kg. Então, mais uma inclusão. Com ela, poderemos pesar não só 8 kg, mas também todos os valores de 9 kg a 15 kg.

Prosseguindo assim, concluiremos que pesos de 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 e 512 são suficientes para gerar qualquer peso de 1 kg a 1.000 kg (na verdade, podemos medir pesos até  $1 + 2 + 4 + \dots + 512 = 1.023$  kg).

Há um meio de confirmar que não é possível gerar todos os valores de 1 a 1.000 com menos de 10 pesos. Comece levando em conta que, para cada peso, há duas possibilidades (estar ou não estar na balança). Então, para  $n$  pesos, teremos  $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^n$  possibilidades. Mas devemos excluir uma delas, a que representa a situação em que não há nenhum peso na balança.

Portanto, são  $2^n - 1$  possibilidades.

Exemplo: se tivermos pesos de 1 kg, 2 kg e 4 kg ( $n$  então seria igual a 3), serão sete possibilidades ( $2^3 - 1$ ), ou seja, poderemos pesar mercadorias de 1 kg a 7 kg.

Como temos 1.000 números diferentes, precisamos de  $n$  tal que  $2^n - 1$  seja igual ou um pouco maior que 1.000. Assim, para satisfazer essa condição,  $n$  será igual a 10.

Esse problema é ainda usado em entrevistas nas grandes empresas tecnológicas, onde se exige, geralmente, criatividade, pensamento rápido e bom raciocínio matemático. Ele foi estudado pela primeira vez pelo matemático italiano Niccolò Tartaglia (1500-1557). Desde então, já se passaram quase 500 anos, mas esse exemplo mostra que um bom problema desafia o tempo. ■

## DESAFIO

Imagine que agora podemos colocar os pesos nos dois pratos (por exemplo, com 3 kg de um lado e 1 kg do outro poderíamos pesar uma mercadoria de 2 kg). Qual o menor número de pesos necessários para gerarmos os valores de 1 a 40?

## SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO

As moedas são de 25 e 5 centavos. Foi dito que a soma delas é 30, mas que uma das moedas não era de 5 centavos. E, de fato, não é. Mas a outra é!

# Do racismo ao racialismo

**Renato Lessa**

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



**P**aíses são mais do que agregados numéricos e demográficos. Se tomarmos todos os indicadores sociais, políticos e econômicos – e os demais – de determinado país e os acoplarmos um tanto imaginariamente, não teríamos a fisionomia de uma sociedade real, mas tão somente uma barafunda de números. Faltariam as expectativas, as imagens, as crenças, os valores, para dizer o mínimo. Dimensões que não podem ser reveladas em indicadores precisos, mas que, talvez por isso mesmo, constituem o cerne da dinâmica social. Quer isto dizer que países são experimentos reflexivos, mais do que sedimentações materiais. E, por assim o serem, parte da atividade reflexiva que encerram diz respeito à busca incessante de respostas a respeito de que identidade têm e de que futuro devem ter.

O Estatuto da Igualdade Racial, aprovado pela Câmara de Deputados (ainda deverá ser apreciado pelo Senado), mais do que um diploma legal, contém uma interpretação do que é e deve ser o Brasil. Pelos seus termos, os brasileiros passam a, em termos legais, se dividir em grupos ‘raciais’ distintos. A um conjunto de afro-descendentes corresponde outro de euro-descendentes, o que é curioso em um país no qual a quase totalidade dos pertencentes a um desses grupos pertence também ao outro.

O reconhecimento legal de ‘raças’ não é, contudo, privilégio brasileiro. A Alemanha dos anos 30, sob o nazismo, fez coisa parecida, por meio da distinção legal entre arianos e não-arianos. Os legados do *apartheid* sul-africano e da exclusão eleitoral dos negros no sul dos Estados Unidos, até os anos 60, devem ser incluídos na série pouco edificante.

Pelo Estatuto passamos a ter uma história cujo ensino deve ser contado na perspectiva de uma luta de raças. Tratar-se-ia de uma história na qual ‘brancos’ oprimem ‘negros’, por mais de 300 anos, a definir um quadro que

exigiria reparação eterna. Com efeito, a reconstrução da história pretérita produz efeitos no presente e no futuro: o Estatuto estabelece uma série de vantagens fiscais para empresas que empreguem no mínimo 20% de trabalhadores de cor negra – ou não-branca. É de se imaginar os efeitos de tal medida, que acabará por instituir uma divisão racial entre os trabalhadores, quebrando formas tradicionais de solidariedade. No mínimo haverá quem julgue um avanço podermos contar, no futuro, com sindicatos raciais.

Pesquisas de natureza sociológica, como as desenvolvidas por Nelson do Valle Silva e Carlos Hasenbalg no Brasil, a partir dos anos 70, indicam que a cor da pele – ou a ‘raça’ – é um marcador social significativo. Os indicadores negativos de renda e de educação, quando associados à cor da pele (‘negros’ ou ‘pardos’), configuram os estratos sociais mais vulneráveis no país. Por essa via, a sociologia empírica parece ter refutado a ideia de que temos no país um quadro de harmonia ‘racial’, como teria sido sugerido pelo sociólogo Gilberto Freyre (1900-1987). Justiça seja feita a Freyre. Sua obra não visava refutar a presença da discriminação racial no Brasil, mas simplesmente mostrar a estupidez básica de um racismo renitente diante de um experimento social e histórico fundado em uma combinação, um tanto sincrética, de populações de enorme diversidade e cores de pele distintas.

Há, por certo, um enorme passivo social no país, a submeter os cidadãos a condições injustificáveis. As cores, nesse conjunto, são variadas. Ainda que atitudes racistas sejam contumazes, cabe criminalizá-las e combatê-las no plano da educação e dos valores. O Estatuto da Igualdade, movido pelo impulso impecável de combater o racismo, poderá ter efeito contrário, qual seja, o de instituir, à moda americana, um padrão social baseado em ‘grupos raciais’, com direito a reconhecimento jurídico diferenciado. Se a coisa passar no Senado, talvez seja o caso de se falar em ‘desproclamação’ da República. ■

O Estatuto da Igualdade, movido pelo impulso impecável de combater o racismo, poderá ter efeito contrário: instituir um padrão social baseado em ‘grupos raciais’

