

# CIÊNCIA HOJE

REVISTA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO CIÊNCIA HOJE

NÚMERO 332 | VOLUME 56 | DEZEMBRO 2015 | R\$ 10,95



## **SOBRECULTURA**

Relatos de vida em tempos de escravidão

## **LIBERTAÇÃO ANIMAL**

Peter Singer fala das origens do livro que faz 40 anos

## **GLIFOSATO NA MIRA**

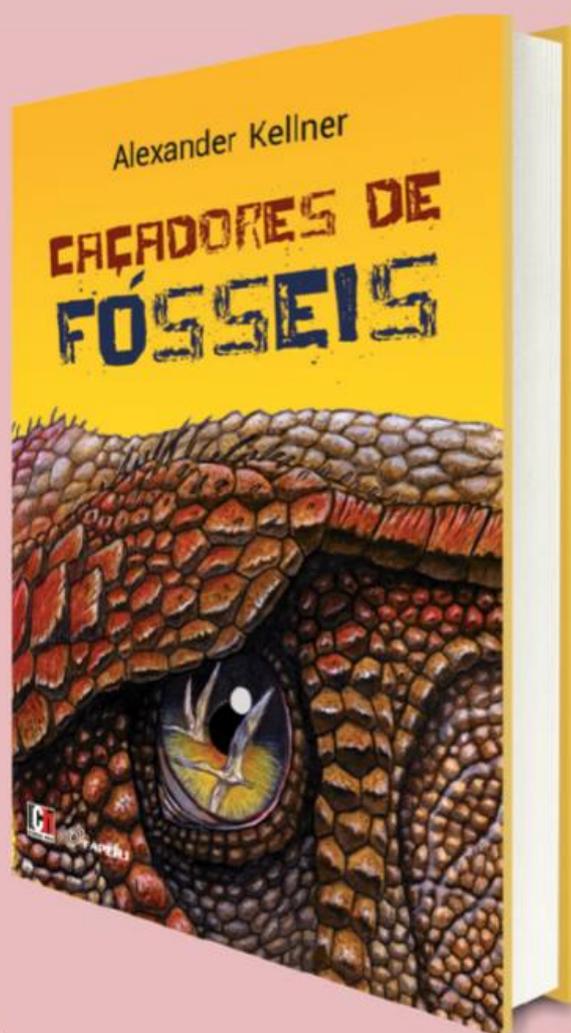
O poder nocivo dos herbicidas no ambiente e na saúde

# RELATIVIDADE

100 anos da teoria que mudou a concepção do universo

O paleontólogo Alexander Kellner convida você para uma viagem ao passado da Terra, quando dinossauros, pterossauros, mamíferos gigantes e outras criaturas pré-históricas dominaram a paisagem.

O livro traz uma seleção de 50 textos sobre descobertas da paleontologia feitas nos últimos 10 anos.



**CAÇADORES DE FÓSSEIS**  
Alexander Kellner

216 páginas

colorido

formato 16 x 23 cm

R\$ 40,70



**VISITE NOSSA LOJA VIRTUAL E PEÇA JÁ SEU EXEMPLAR > [WWW.LOJAICH.ORG.BR](http://WWW.LOJAICH.ORG.BR)  
OU LIGUE PARA: 0800 727 8999**

**INSTITUTO CIÊNCIA HOJE** | Sociedade civil sem fins lucrativos. 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). Conta com o apoio da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

ISSN: 0101-8515

#### DIRETORIA

**Diretor Presidente** | Alberto Passos Guimarães Filho (CBPF)  
**Diretores Adjuntos** | Andrea T. Da Poian (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) • Carlos C. Morel (Fiocruz) • Ivan S. Oliveira (CBPF) • Maria Lucia Maciel (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais/UFRJ)  
**Superintendente Executiva** | Bianca Encarnação  
**Superintendente de Projetos Educacionais** | Ricardo Madeira

#### CIÊNCIA HOJE

**Editores Científicos** | Ciências Humanas e Sociais – Maria Alice Rezende de Carvalho (Departamento de Sociologia e Política/PUC-Rio) e Ricardo Benzaquen de Araujo (Departamento de História/PUC-Rio) | Ciências Ambientais – Jean Remy Guimarães (Instituto de Biofísica/UFRJ) | Ciências Exatas – Ivan S. Oliveira (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) | Ciências Biológicas – Andrea T. Da Poian (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ) e Franklin Rumjanek (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ).

#### REDAÇÃO

**Editora Executiva** | Alicia Ivanissevich  
**Editor de Forma e Linguagem** | Cássio Leite Vieira  
**Editora de Texto** | Thaís Fernandes  
**Setor Internacional** | Cássio Leite Vieira  
**Estagiários** | Everton Lopes Batista e Lara Pinheiro  
**Colaboraram neste número** | Laura Chaloub (revisão)

**ARTE** | Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.  
 (ampersand@ampersanddesign.com.br)

**Diretora de Arte** | Claudia Fleury  
**Programação Visual** | Henrique Viviani e Raquel P. Teixeira  
**Computação Gráfica** | Luiz Baltar

#### SUCURSAIS

**NORTE** | Manaus | Coordenador científico | Ennio Candotti  
 | End.: Museu da Amazônia – MUSA – Av. Constituinte, 16, Conjunto Morada do Sol, Aleixo. CEP 69060-081 Manaus, AM. Tel.: (92) 3236-5326

**PUBLICIDADE** | Sandra Soares (gerente) | Rua Dr. Fabrício Vampre, 59, Vila Mariana, CEP 04014-020, São Paulo, SP. Telefax: (11) 3539-2000 (cienciasp@cienciahoje.org.br).  
**Circulação e assinatura** | Gerente | Fernanda L. Fabres. Telefax: (21) 2109-8960 (fernanda@cienciahoje.org.br)

#### REPRESENTANTES COMERCIAIS

**BRÁSILIA** | Joaquim Barroncas – Tels.: (61) 3328-8046/9972-0741.

**EXPEDIÇÃO** | Fernanda Fabres

**IMPRESSÃO** | EDIGRAFICA

**CIÊNCIA HOJE** | Av. Venceslau Brás, 71, fundos – casa 27 – CEP 22290-140, Rio de Janeiro-RJ Tel.: (21) 2109-8999 – Fax.: (21) 2541-5342 |  
 Redação (cienciahoje@cienciahoje.org.br)

#### APOIO:



# Relatividade Geral: 100 anos

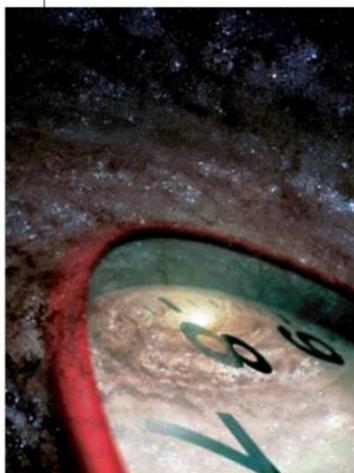
No final do século 19, acreditava-se que a física já tinha explorado tudo o que havia para ser descoberto. Mas tal suposição estava equivocada. Há exatos 100 anos, o físico de origem alemã Albert Einstein formulou uma nova teoria que mudaria por completo nossa maneira de interpretar o universo.

A chamada teoria da relatividade geral nos ajudou não apenas a compreender de modo mais profundo as noções de espaço e tempo, como também nos ofereceu uma ferramenta valiosa para descobrir o que se passa nos corpos e estruturas gigantescos do cosmo. Além disso, a mais cotidiana das interações fundamentais conhecidas, a gravidade, ganhou uma análise diversa e revolucionária: ela deixou de ser vista como

resultado de uma força e passou a ser entendida como efeito colateral da geometria curva do universo.

Mesmo depois de um século, a relatividade geral continua a nos surpreender e a ser a única janela por onde podemos estudar aspectos da natureza que ainda escapam aos maiores e mais avançados laboratórios terrestres.

*A redação*



CAPA: CONCEPÇÃO ARTÍSTICA A PARTIR DE FOTOS DA NASA E DE KEREM YUCEL / FREEIMAGES

Atendimento ao assinante e números avulsos: 0800 727 8999 | CH On-line: [www.cienciahoje.org.br](http://www.cienciahoje.org.br) | [chonline@cienciahoje.org.br](mailto:chonline@cienciahoje.org.br)  
 No Rio de Janeiro: 21 2109-8999 | Para Anunciar TELEFAX.: 11 3539-2000 | [cienciasp@cienciahoje.org.br](mailto:cienciasp@cienciahoje.org.br)

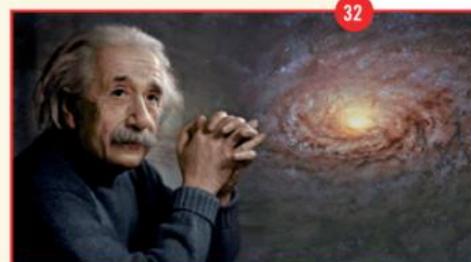
<b>CH ON-LINE</b>	<b>3</b>	
<b>O LEITOR PERGUNTA</b>	<b>4</b>	O gênero atual <i>Homo sapiens</i> é, realmente, o único que existe na superfície da Terra?   O céu também é azul em outros planetas?   A microbiota de insetos e aracnídeos é composta das mesmas espécies encontradas no ser humano?
<b>ENTREVISTA</b>	<b>6</b>	<b>PETER SINGER   LIBERTAÇÃO ANIMAL: 40 ANOS</b>   Autor do livro que se tornaria leitura obrigatória em direitos animais, filósofo australiano fala sobre ética sob a perspectiva do utilitarismo
<b>EXATAMENTE</b>	<b>9</b>	<b>O PENTAQUARK</b>   Equipe do experimento LHCb afirma ter fortes evidências da existência dessa partícula
<b>MUNDO DE CIÊNCIA</b>	<b>10</b>	<b>FÍSICA   METAMORFOSE FANTASMAGÓRICA</b>   Neutrinos se transformam em 'outros'
	<b>12</b>	<b>QUÍMICA   DNA SOB REPARO</b>   Processo é de grande relevância para o organismo
	<b>14</b>	<b>ECONOMIA   CONSUMO, POBREZA E BEM-ESTAR</b>   Estudos têm impactos cruciais na vida das pessoas
	<b>16</b>	<b>FISIOLOGIA OU MEDICINA   DA TRADIÇÃO AO MEDICAMENTO</b>   O poder dos fitoterápicos da medicina chinesa
	<b>18</b>	<b>LITERATURA   A DOR DA GRANDE HISTÓRIA</b>   Vozes esquecidas contam horrores das guerras
	<b>20</b>	<b>PAZ   O QUARTETO E A TRANSIÇÃO</b>   Tunísia está no caminho para consolidar o processo de democratização

**GLIFOSATO NÃO É ÁGUA** **22** Herbicidas apresentam efeitos adversos à saúde humana – obesidade, diabetes, doenças cardíacas, depressão e câncer, entre outras enfermidades – e à dos animais, além de efeitos negativos em ecossistemas.  
 Por **Sonia C. Hess e Rubens O. Nodari**

**MARTINS PENA: ENTRE A COMÉDIA E ARTE LÍRICA** **28** Pioneiro do gênero teatral satírico dos costumes brasileiros, escritor era também um intelectual sofisticado, que apreciava um gosto considerado mais 'civilizado', alinhado à cultura europeia.  
 Por **Antonio Herculano Lopes**

**A TEORIA DA RELATIVIDADE: 100 ANOS DE UMA NOVA MANEIRA DE VER O UNIVERSO** **32** Corpo teórico formulado por Albert Einstein ajudou a entender de modo mais profundo as noções de espaço e tempo, assim como as estruturas gigantescas do cosmo.  
 Por **Paulo Menegasso, Antonio Seridonio e Mariano de Souza**

**RELATIVIDADE GERAL: UMA JANELA CENTENÁRIA PARA OS MISTÉRIOS DO UNIVERSO** **38** Teoria que transformou nossa visão da natureza e nos permite estudar aspectos que ainda escapam aos maiores e mais avançados laboratórios terrestres continua a nos surpreender.  
 Por **Daniel Vanzella**



**A PROPÓSITO** **43** **METÁSTASE E EVOLUÇÃO** | Tumores de hoje podem ser células normais de indivíduos no futuro

**PELO BRASIL** **44**

**CRÍTICA** **48** **O PIOR E O MELHOR DE NÓS** | Filme *Unity* critica aparente neutralidade da ciência e analisa potencial humano de construção e destruição

**OPINIÃO** **50** **AEDES AEGYPTI, MODELAGEM MATEMÁTICA E USO RACIONAL DE INSETICIDAS** | Controle mecânico do vetor da dengue deve ser prioridade

**ENSAIO** **52** **PAISAGISMO BRASILEIRO REVISITADO** | Obras da cena paisagística marcadas por estilos variados assumem importância cada vez maior

**FORA DO QUADRO** **54** **OS SEGREDOS DO MOVIMENTO** | Compreensão de fenômenos corriqueiros está no cerne da teoria da relatividade geral

**RESENHA** **56** **EM DEFESA DO ABERTO** | Resenha do livro *Ciência Aberta, questões abertas*, de Sarita Albagli, Maria Lucia Maciel e Alexandre Hannud Abdo

**57** **ANTROPOLOGIA DO DESAJUSTE** | Resenha do livro *A história do corpo humano: evolução, saúde e doença*, de Daniel Eric Lieberman

**MEMÓRIA** **60** **AMIZADE ALÉM DOS TRÓPICOS** | Correspondência entre Fritz Müller e Charles Darwin faz 150 anos

**CARTAS** **62**

**QUAL O PROBLEMA** **63** **NOEL E OS 15** | O bom velhinho lança novo desafio neste Natal

**SOBRE HUMANOS** **64** **HORROR** | Conhecer o real significado de atentados de Paris é crucial para determinar a natureza da guerra em curso

COLUNA

GALERIA

ENTREVISTA

VÍDEO

FOTO ANTONIO CRUZ / AGENCIA BRASIL

**CIÊNCIAS AMBIENTAIS > Lama no Eldorado**

Jean Remy Guimarães analisa o desastre ambiental ocorrido em Mariana (MG), devido ao rompimento de uma enorme barragem de rejeitos de mineração, e aponta a real dimensão da tragédia.

> <http://cienciahoje.uol.com.br/coluna>

**BÚSSOLA >** <http://cienciahoje.uol.com.br/blogues/bussola>

**METEOROLOGIA > Que raio de história!**

Livro narra como o Brasil viu e estudou os raios e tempestades em diferentes períodos históricos.



CASA DE FERRE



ILUSTRAÇÃO ANDRÉIA ALCANTARA

**NOTÍCIAS >** <http://cienciahoje.uol.com.br/noticias>

**PALEONTOLOGIA > Habitantes do Nordeste pré-histórico**

Equipe internacional de cientistas anuncia duas novas espécies fósseis de anfíbios encontradas no Nordeste brasileiro. Datadas de cerca de 278 milhões de anos, elas ajudam a entender como a vida ressurgiu no hemisfério Sul após um período glacial.

**COLUMNAS >** <http://cienciahoje.uol.com.br/columnas>

**EDUCAÇÃO > Biologia sistêmica: ciência do século 21**

A percepção de que a física tem muito a contribuir para o estudo de sistemas biológicos não é nova, mas vem ganhando força nos últimos anos. Para o colunista Carlos Alberto dos Santos, essa revolução na pesquisa precisa se refletir, também, no ensino de biologia.

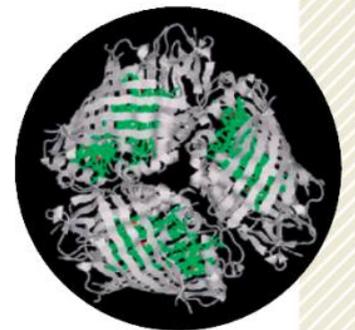


FOTO HELLA ADONIS CC BY SA



FOTO MARILYN COLO

**NOTÍCIAS >** <http://cienciahoje.uol.com.br/noticias>

**ASTRONOMIA > Mais um para a coleção**

Cientistas descobrem exoplaneta próximo o suficiente da Terra para possibilitar medições inéditas de sua atmosfera, massa e densidade. O número de planetas conhecidos fora do Sistema Solar já se aproxima de 2 mil.

**NOTÍCIAS >** <http://cienciahoje.uol.com.br/noticias>

**SUSTENTABILIDADE > Um bom negócio**

Estudo contraria previsões de queda no desenvolvimento econômico e social após diminuição de emissões de gases de efeito estufa e aponta aumento de empregos e salários com energias sustentáveis.

FOTO BARBARA ECKSTEIN / CC BY 2.0



e muito mais &gt;&gt;&gt;

Acompanhe a CH On-line também no

facebook

twitter

YouTube

tumblr

BÁRBARA DO NASCIMENTO, RIO DE JANEIRO / RJ

## O céu também é azul em outros planetas?

A COR AZUL do nosso céu se deve ao fato de que a componente azul da luz solar — que, apesar de a enxergarmos como branca, é, na verdade, composta por todas as cores que vemos no arco-íris — é espalhada em todas as direções enquanto atravessa nossa atmosfera, por causa dos gases nela contidos. A cor azul é mais espalhada do que as outras cores por ter o comprimento de onda da mesma ordem de grandeza das moléculas atmosféricas.

Nosso pôr do sol é avermelhado devido ao mesmo fenômeno. Com o Sol perto do horizonte, sua luz, para nos alcançar, precisa atravessar uma camada maior da atmosfera. Nesse percurso maior, a com-

ponente azul se espalha tanto que acaba não chegando aos nossos olhos. Sobra apenas a faixa do amarelo ao vermelho, que sofre menos dispersão.

E nos outros planetas? Vamos analisar alguns casos.

Em Mercúrio, como praticamente não existe atmosfera, o céu é escuro durante o dia, pois não há espalhamento da luz solar. Assim como na Lua, poderíamos ver o Sol e as estrelas simultaneamente.

Em Vênus, ocorre o contrário, por ter uma atmosfera extremamente densa, o céu está permanentemente nublado, encoberto.

Em Marte, ocorre o fenômeno de cores oposto ao da Terra. Lá, é a componente

vermelha da luz solar que é mais espalhada, pois seu comprimento de onda é da ordem de grandeza das incontáveis partículas de poeira em suspensão na sua atmosfera rarefeita. Então, em Marte, o céu é avermelhado durante o dia, e seu pôr do sol é azulado.

Nos gigantes gasosos Júpiter, Saturno, Urano e Netuno, não há uma superfície sólida onde poderíamos nos assentar para apreciar o céu desses planetas.

*Eugênio Reis Neto*

COORDENAÇÃO DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS,  
MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS

SARAH ABRAÃO CAVALCANTE DE SOUZA, RIO DE JANEIRO / RJ

## O gênero atual *Homo sapiens* é, realmente, o único que existe na superfície da Terra? A cada nascimento, sempre ocorre uma mutação; será que o acúmulo destas não está levando o *H. sapiens* a uma subespécie, como o caso do 47xxy?

NA VERDADE, na pré-história ocorreram várias outras espécies de *Homo* além de *sapiens*, embora não haja consenso sobre o seu número exato. Subespécies de *sapiens* já existem, são os chamados grupos continentais ou raças. Mas o isolamento que as formou foi rompido pelo progresso nos meios de comunicação, e a tendência atual é mais para uma diminuição das diferenças, em vez de seu aumento, com a formação de espécies diferentes.

As pessoas XXY têm problemas de diferenciação sexual, e não poderiam iniciar a formação de uma nova espécie. Mas a ciência está atenta a considerar quaisquer mudanças interpopulacionais que tenham importância para a nossa história.

*Francisco M. Salzano*

DEPARTAMENTO DE GENÉTICA, INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS,  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FELIPE SARGES DE LUCA, POR CORREIO ELETRÔNICO

## A microbiota de insetos e aracnídeos é composta das mesmas espécies encontradas no ser humano?

**A RESPOSTA DIRETA** para essa pergunta é não: a microbiota de insetos e aracnídeos não contém as mesmas espécies que as da microbiota humana. Entretanto, uma análise aprofundada pode revelar que a resposta não é tão simples.

Em primeiro lugar, grande parte dos estudos de microbiota, tanto humana quanto de qualquer outro animal, não chega ao nível de espécie. Isto é, muitos dos estudos nessa área caracterizam a composição microbiana em um nível mais 'raso', sem chegar à distinção de espécies propriamente ditas. Segundo, é certo que existem espécies presentes na microbiota de organismos geneticamente distantes, como é o caso da comparação humano-inseto. Porém, a presença de uma ou outra espécie bacteriana em comum tem pouco significado, já que as mesmas estão embebidas em um universo de milhares de outras espécies, que podem ser diferentes.

Outro aspecto a ser considerado é que a simples presença de uma bactéria na microbiota não significa que a mesma se encontra ativa. Estudos recentes demonstraram que, em alguns casos, os componentes da microbiota que realmente exerce funções relevantes no intestino estão, na verdade, presentes em níveis muito mais baixos do que outras espécies, consideradas 'importantes' pelo simples fato de serem abundantes na microbiota.

Em geral, acredita-se que a importância da microbiota venha não de sua composição, mas sim do seu potencial funcional. Por exemplo, organismos que se alimentam de plantas precisam de uma microbiota capaz de degradar carboidratos complexos presentes nesses organismos, os quais nós, humanos, não conseguimos degradar sem a ajuda desses micróbios. Dessa forma, organismos distintos podem possuir microbiotas de composição diferente, mas semelhantes em função.

É importante notar também que insetos e aracnídeos específicos podem ter comportamentos bastante divergentes e, como espécies distintas, sua microbiota certamente será afetada por seus estilos de vida. Essas e outras perguntas ainda não respondidas fazem do estudo do microbioma uma área fascinante, e que ainda será explorada por muitas e muitas décadas.

*Luis Caetano Martha Antunes*

ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA SERGIO AROUCA,  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ

FOTO: JAM WILLEM SERISMA/PREE IMAGES

### CARTAS PARA A REDAÇÃO

Av. Venceslau Brás, 71 fundos I  
casa 27 | CEP 22290-140 |

Rio de Janeiro | RJ

**CORREIO ELETRÔNICO**

cienciahoje@cienciahoje.org.br

PETER SINGER

## LIBERTAÇÃO ANIMAL: 40 ANOS

No início da década de 1970, Peter Singer, jovem filósofo australiano, em seu período de pós-graduação em Oxford (Reino Unido), conheceu vegetarianos e defensores dos animais. Em decorrência dessas amizades – que mudariam sua vida e carreira –, ele lançaria *Libertação animal*, livro cuja primeira edição completa agora 40 anos.

A obra tornou-se leitura obrigatória na área de ética animal, movimento que reúne hoje milhões de ativistas e simpatizantes no mundo, de intelectuais a artistas. O mote do livro é o especismo: humanos se acham superiores às outras espécies, discriminação que, segundo Singer, por ser moralmente insustentável, assemelha-se ao sexismo e racismo. Ou seja, são preconceitos; portanto, injustificáveis.

Tido como um dos mais lidos e influentes filósofos contemporâneos, Singer, 69 anos, vegetariano, professor da Universidade de Princeton (EUA) e da Universidade de Melbourne (Austrália), é um especialista em ética, que ele trata pela perspectiva do utilitarismo: julgar as ações por suas consequências. Nessa linha, suas justificativas para o aborto e a eutanásia lhe renderam críticas. Singer tem cerca de 50 livros publicados e centenas de artigos sobre filosofia.

Nesta entrevista exclusiva à *CH*, Singer fala sobre as origens de *Libertação animal* (WMF/Martins Fontes, 2010) e temas correlatos.

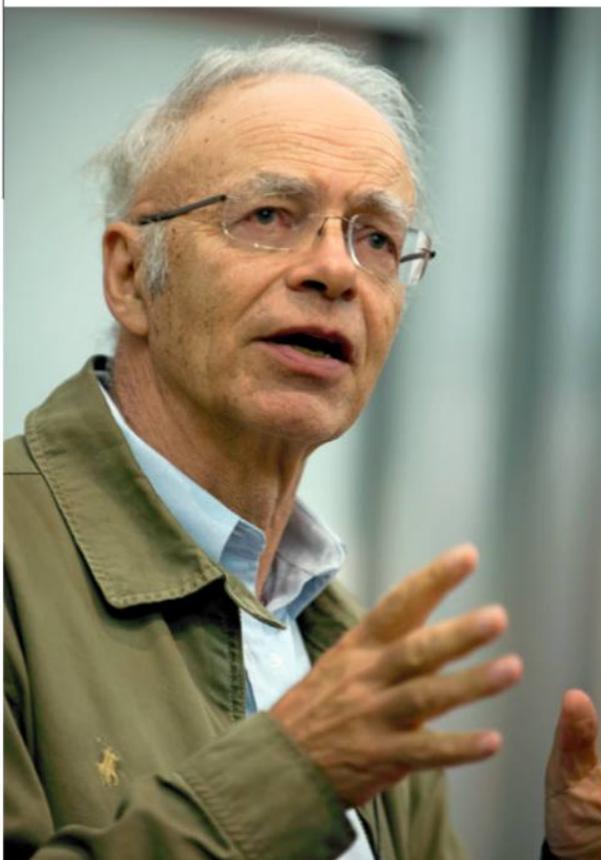


FOTO: TOM PHILLIPS - GEL 2014

CÁSSIO LEITE VIEIRA | CIÊNCIA HOJE | RJ

FABIO C. S. DE OLIVEIRA | FACULDADE DE DIREITO,  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

## O MOVIMENTO DE LIBERTAÇÃO ANIMAL É UMA EXTENSÃO DO MOVIMENTO NEGRO E DO MOVIMENTO FEMINISTA DAQUELE PERÍODO. MAS NÃO ACHO QUE ESTEJA ASSOCIADO À PSICODELIA OU À CULTURA E FILOSOFIA ORIENTAIS

**Nos diversos ‘Prefácios’ de *Libertação animal* – incluindo o da edição do 40º aniversário –, nota-se que o senhor não estava envolvido com animais até o período de sua pós-graduação em Oxford e seu contato com colegas de lá. Quando e por que o senhor começou a se importar com os animais não humanos? Sim, isso está correto. Claro que, como qualquer pessoa decente, eu era contra a extrema crueldade com os animais, mas eu sempre tinha comido carne e não via nisso nada de errado. Eu pensava que os animais que comia tinham vidas boas e eram mortos sem sofrimento. Mas um encontro por acaso com Richard Keshen, estudante canadense de pós-graduação que então já era vegetariano, fez-me entender que esse não era o caso – milhões de animais eram mantidos enclausurados ao longo da vida, tendo vidas miseráveis e sendo tratados como se fossem máquinas para transformar grãos ou outro tipo de comida barata em produtos caros, como carne, ovos e leite. Foi essa descoberta que deu início à minha investigação sobre as nossas atitudes em relação aos animais e sobre a ética de como nós deveríamos tratá-los.**

**Por que o senhor decidiu escrever a resenha do livro *Animals, men and morals (Animais, humanos e moral)* [publicada em *The New York Review of Books* em 05/04/73]? Como essa resenha abriu caminho para a publicação de *Libertação animal*, dois anos mais tarde? O livro *Animais, humanos e moral* era uma coleção de ensaios editados por amigos meus que eu havia conhecido por meio de Richard Keshen. Eles tinham esperança de que o livro iria levar a uma mudança em nosso pensamento em relação aos animais, mas, quando a obra foi publicada, na Inglaterra, ela passou despercebida – sem resenhas em jornais ou revistas. Foi como se o livro não existisse. Isso ocorreu porque, à época, ninguém levava a sério questões sobre como deveríamos tratar os animais. Mas, então, meus amigos ficaram sabendo que o livro deles havia sido publicado nos Estados Unidos. Tive a ideia de escrever para o editor do *The New York Review of Books* para chamar a atenção dele para aquele livro importante e me oferecer para resenhar a obra. Por sorte, ele percebeu que valia levar a sério o tema e me convidou para fazer uma resenha. Foi a primeira vez que**

usei a expressão ‘libertação animal’ em uma publicação, e isso rendeu cartas positivas dos leitores, incluindo uma de um editor de uma editora importante, sugerindo que valeria a pena fazer uma monografia sobre o tema. Isso levou ao meu livro *Libertação animal*.

**O senhor acha que o movimento de libertação animal foi, de algum modo, influenciado pelo ‘espírito da época’ do final da década de 1960 e começo da seguinte, como a luta pelos direitos civis, movimento hippie, psicodelia, bem como cultura e filosofia orientais? A luta pelos direitos civis certamente desempenhou um papel. O movimento de libertação animal é uma extensão do movimento negro e do movimento feminista daquele período. Mas não acho que esteja associado à psicodelia ou à cultura e filosofia orientais. O movimento é bem mais rigoroso do que o termo sugere – e isso porque está fundamentado no tipo de filosofia que se desenvolveu em países falantes da língua inglesa, denominado filosofia analítica.**

**No ‘Prefácio’ da edição do 40º aniversário de *Libertação animal*, o senhor escreveu que não esperava duas coisas sobre o livro: as várias edições até hoje e a versão eletrônica dele. No entanto, olhando para o passado, o que aquele jovem filósofo de 29 anos realmente esperava com essa publicação? Eu não sabia o que esperar. Em meus sonhos mais alucinados, pensava que todos os que lessem o livro iriam parar de comer carne e, então, eu o emprestaria aos meus amigos, que iriam fazer o mesmo... E assim por diante. Mas, em meus momentos mais tenebrosos, achava que o livro poderia simplesmente desaparecer, sem menção, como o que ocorreu, na Inglaterra, com *Animais, humanos e moral*, porque os animais não eram ainda levados a sério como uma questão ética ou política.**

**Hoje, nas mídias sociais, muitas organizações e um imenso número (talvez, milhões) de pessoas defendem os direitos e a libertação dos animais não humanos. Mas esse movimento parece profundamente fragmentado. O senhor acredita em uma unificação desse movimento? Não, não acredito. O movimento é amplo e é saudável que tenha um**

>>>

## MUITOS DOS EXPERIMENTOS QUE DESCREVI À ÉPOCA NO LIVRO NÃO SERIAM REALIZADOS HOJE, PORQUE NÃO SERIAM APROVADOS PELOS COMITÊS DE ÉTICA EM EXPERIMENTAÇÃO COM ANIMAIS. DO MESMO MODO COMO NAS FAZENDAS INDUSTRIAIS, HÁ AINDA UM LONGO CAMINHO A PERCORRER, MAS OS AVANÇOS TÊM SIDO SIGNIFICATIVOS

espectro de visões diferentes. O mesmo pode ser dito de vários outros movimentos, nos quais há discordâncias. Seria bem desafortunado ver diferentes setores desse movimento desperdiçando mais tempo e energia atacando uns aos outros do que atacando um inimigo comum, isto é, aqueles que exploram os animais. Não vejo isso acontecendo; pelo menos, não em uma escala suficientemente grande para me causar preocupação.

### **Em relação à causa do movimento de libertação animal, qual avanço mais o impressionou nestas últimas quatro décadas?**

As reformas mais impressionantes vieram da Europa. A Comunidade Europeia inteira – todas as 28 nações, da Grécia à Finlândia e de Portugal à Polônia – livram-se das gaiolas em bateria para as galinhas botarem ovos, do estábulo de gestação para as porcas grávidas, bem como de estábulos individuais. Como consequência, centenas de milhões de animais estão sofrendo menos. Eles ainda estão enclausurados, em fazendas industriais, o que não é bom, mas as reformas foram um progresso real. E, agora, reformas similares estão ocorrendo na Califórnia e se espalhando por todos os Estados Unidos.

### **Como o senhor vê o papel da ciência em relação à experimentação animal desde que seu livro foi publicado?**

Cientistas, agora, levam o bem-estar dos animais mais a sério do que o faziam em 1975. Muitos dos experimentos que descrevi à época no livro não seriam realizados hoje, porque não seriam aprovados pelos comitês de ética em experimentação com animais. Do mesmo modo como nas fazendas industriais, há ainda um longo caminho a percorrer, mas os avanços têm sido significativos.

Ao longo da história, as três grandes religiões monoteístas (cristianismo, judaísmo e islamismo) têm pregado a não violência, condenado a tortura e crueldade e apoiado a igualdade de direitos. Por que essas religiões – e até as filosofias orientais – têm resistido em estender essa plata-

forma para animais não humanos? Suponho que a principal razão é que a maioria de seus seguidores comam carne, e os líderes dessas religiões não querem perdê-los ao apoiar a igualdade de direito com os animais. Mas, curiosamente, o catecismo [exposição da fé e da doutrina] da Igreja Católica Apostólica Romana diz: “É contrário à dignidade humana fazer os animais sofrerem ou morrerem desnecessariamente”. O papa Francisco repetiu isso em sua encíclica recente, *Laudato Si*, e chegou até a ‘tuitar’ isso. Mas o fato é que não precisamos comer os animais; então, se os católicos levassem isso a sério, eles deveriam ser vegetarianos.

**Um tópico que suscita discussão é se o utilitarismo admitiria a experimentação com animais em vista da maximização de benefícios – por exemplo, testar uma vacina em 10 cães para salvar milhares de crianças. Haveria uma hipótese na qual a instrumentalização dos animais seria eticamente aceitável?** Faço objeção ao termo ‘instrumentalização’ aqui, mas é verdade que, dados certos fatos, o utilitarismo aceitará o uso de animais em alguns tipos de experimentos, se isso for o único modo de salvar um número muito maior de outros [seres] de um mal equivalente. De modo similar, se assumirmos alguns fatos hipotéticos, o utilitarismo irá, em algumas situações, aceitar o uso de humanos em determinados experimentos. Devo enfatizar que não estou dizendo que nenhum desses dois conjuntos de fatos realmente tem vínculos com a realidade. Estou apenas discutindo – como vocês disseram – uma hipótese, isto é, um conjunto de fatos hipotéticos.

**Alguns autores defendem que o movimento de libertação animal levaria a humanidade a um tipo de Novo Éden, no qual humanos e não humanos viveriam em harmonia. Isso soa, de certo modo, como a mesma promessa das chamadas Grandes Utopias (nazismo, comunismo e globalização). O senhor acredita que um movimento político em torno do movimento de libertação dos animais poderia nos levar a essa ‘Nova Era’?** Eu não acredito nisso. **Gi**



FOTO DICERO RODRIGUES

*Teóricos prediziam, há algum tempo, que quarks poderiam se combinar em conjuntos de até cinco unidades, para formarem novos tipos de partículas*

## O PENTAQUARK

Tudo o que tocamos é feito de átomos, cujo núcleo é composto de dois tipos de partículas: prótons, que têm carga elétrica positiva, e nêutrons, com carga nula. Ambos permanecem ligados no núcleo graças à força nuclear.

Apesar de suas diferenças, prótons e nêutrons têm massas semelhantes, diferindo uma da outra em menos de 0,2%. Sabemos, hoje, que prótons e nêutrons não são elementares, mas, sim, constituídos de três outras partículas, denominadas *quarks* – estas, sim, tudo indica, elementares.

Enquanto os prótons são constituídos de um *quark* do tipo *down* e dois *quarks* do tipo *up*, nêutrons são formados de dois *quarks down* e um *quark up*. O *quark down* é mais pesado que o *up*, o que explica por que o próton é mais leve que o nêutron.

Uma das características mais surpreendentes dos *quarks* é que eles têm carga elétrica fracionária: o *quark down*, por exemplo, tem carga negativa igual a  $1/3$  da carga do elétron, enquanto o *quark up* tem carga positiva com valor absoluto duas vezes maior ( $2/3$ ) que a do seu 'primo' *down* ( $-1/3$ ). Isso explica por que o próton tem carga positiva igual a 1 ( $+2/3 + 2/3 - 1/3$ ), e o nêutron não apresenta carga líquida ( $-1/3 - 1/3 + 2/3$ ).

*Quarks* são os constituintes básicos dos prótons e nêutrons e, portanto, de toda a matéria conhecida. Além dos prótons e nêutrons, formados por três *quarks*, sabemos, há muito tempo, da existência de partículas instáveis formadas por dois *quarks*: os mésons. O primeiro deles, o méson pi, foi descoberto em 1947 por um quarteto de físicos: o brasileiro César Lattes (1924-2005), o britânico Hugh Muirhead

(1925-2007), o italiano Giuseppe Occhialini (1907-1993) e o britânico Cecil Powell (1903-1969).

Mais recentemente, foram produzidas evidências da existência de partículas formadas por quatro *quarks*, os *tetraquarks*, em dois aceleradores de partículas: o japonês KEK e o europeu LHC. Mas teóricos prediziam, há algum tempo, que *quarks* poderiam se combinar em conjuntos de até cinco unidades, para formarem novos tipos de partículas. Faltava, então, observar os *pentaquarks*, que, assim como os *tetraquarks*, seriam primos pesados e instáveis dos prótons e nêutrons, e, exatamente por isso, difíceis de criar e observar.

A boa notícia é que recentemente a equipe do experimento LHCb, um dos quatro experimentos em funcionamento do LHC, anunciou existirem fortes evidências da criação dos *pentaquarks*. Se confirmado, o sinal observado corresponderia a *pentaquarks* em duas configurações distintas: uma com 4,67 vezes e a outra com 4,74 vezes a massa do próton.

O aparecimento de duas configurações ainda não é completamente entendido e tem tirado o sono de alguns teóricos que vivem assombrados com a história recente. Em 2003, quatro grupos anunciaram independentemente a observação dos *pentaquarks*, o que foi, mais tarde, visto como alarme falso, induzido por 'erros' comuns nesses experimentos, as chamadas flutuações estatísticas.

Mas, dessa vez, o sinal é muito mais forte, e a equipe do LHCb está confiante. Bem-vindos sejam os *pentaquarks*. **CH**

**GEORGE MATSAS**  
Instituto de Física Teórica,  
Universidade Estadual Paulista



**N**ão raro, artes, ciência e filosofia desviam seu olhar do amplo para focá-lo nas minúcias. Com o somatório desses pormenores, fizeram brotar, ao longo da história, conhecimento largo e novo.

Os temas deste ano do Nobel – ainda o mais midiático dos prêmios planetários – têm algo da busca por aquilo que é – ou que foi forçosamente transformado em – detalhe.

A categoria literatura – dada pela Academia Sueca – reconheceu o valor da grande história pintada por vozes isoladas de suas testemunhas. Na física, responsabilidade da Real Academia Sueca de Ciências (RASC), premiaram-se os estudos sobre a transformação fantasmagórica de uma porção mínima da matéria. Na química, também dado pela RASC, contemplou-se a descoberta do mecanismo de reparação de danos no DNA causados por grupos de poucos átomos.

Em economia – e, de certo modo, parece voltar à tona o viés humano dessa disciplina –, o prêmio da RASC foi para o estudo de uma realidade macroscópica planetária tornada, porém, quase um 'pormenor' nas análises econômicas: a pobreza.

A categoria fisiologia ou medicina, a cargo do Instituto Karolinska, foi para outra realidade acachapante, mas que, assim como a pobreza, tem sido negligenciada há séculos: malária e outras doenças parasitárias.

O Nobel da Paz, indicado pelo Comitê Norueguês, mostra como um 'detalhe' (o suicídio de um jovem pobre de uma pequena cidade) desencadeou, em um país periférico, uma das mais importantes transformações políticas deste século: a Primavera Árabe.

Nas próximas páginas, estão os comentários de especialistas do mais alto gabarito. Boa leitura.

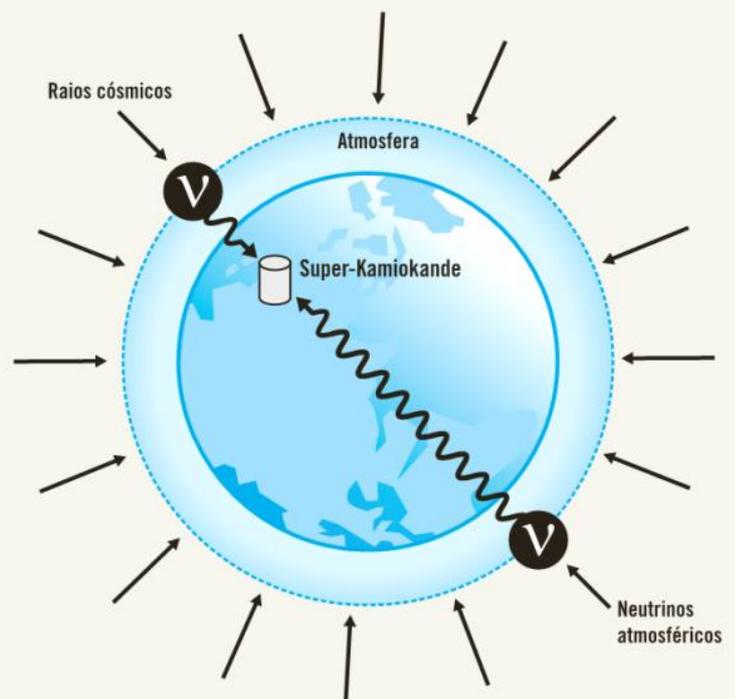
Cássio Leite Vieira | *Ciência Hoje* | RJ

## PRÊMIO NOBEL 2015

# METAMORFOSE FANTASMAGÓRICA

**A** todo momento, somos bombardeados por partículas sem carga elétrica chamadas neutrinos, produzidas, entre outras fontes, nas profundezas do Sol, nos reatores nucleares e na colisão de raios cósmicos (núcleos atômicos que continuamente chegam do espaço) contra átomos da atmosfera terrestre.

Os neutrinos são apelidados de 'partículas fantasmas', por praticamente não interagirem com outras companheiras do mundo subatômico. Uma consequência disso é que conseguem atravessar incólumes (sem 'colisões') imensas quantidades de matéria. Desse modo, para serem detectados, ainda que em diminutas quantidades, são necessários experimentos gigantescos e localizados em minas profundas, isolados de todas as outras partículas conhecidas.



BASEADO EM JOHAN JARNESTAD/THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

# FÍSICA

Os neutrinos são conhecidos em três categorias – ou sabores, como preferem os físicos: i) neutrinos do elétron (ou eletrônicos); ii) neutrinos do múon (ou muônicos); iii) neutrinos do tau (ou tauônicos) – o elétron, o múon e o tau são ‘primos’ dos neutrinos, ou seja, têm propriedades semelhantes.

Quando foram previstos, ainda na década de 1930, acreditava-se que, por terem massa zero, os neutrinos viajariam à velocidade da luz (cerca de 300 mil km/s), como os fótons (partículas da luz) – essa crença sofreria, mais tarde, uma reviravolta.

O Nobel de Física deste ano foi concedido a dois físicos experimentais: o japonês Takaaki Kajita, líder do experimento Super-Kamiokande (Japão), e o canadense Arthur McDonald, líder do experimento Observatório de Neutrinos Sudbury (Canadá). De forma independente, eles descobriram que os neutrinos sofrem uma ‘metamorfose’ – denominada, tecnicamente, oscilação de neutrinos ou oscilação de sabor –, transformando-se de um tipo em outro.

Em uma mina no Japão situada a mais de 1 km abaixo da superfície, o experimento Super-Kamiokande construiu um dos maiores detectores de neutrinos já feitos até hoje, para medir os chamados neutrinos atmosféricos, produzidos pela colisão de raios cósmicos contra os átomos das camadas superiores da atmosfera terrestre. Nesses choques, neutrinos são espalhados em todas as direções possíveis.

Comparando o número de interações (‘colisões’) de neutrinos vindos da direção vertical (pela parte de cima do detector)

**O experimento Super-Kamiokande (Japão) observou que apenas metade da quantidade estimada de neutrinos vindos do outro lado do planeta chegava a seus detectores. A explicação para esse ‘desaparecimento’ é que os neutrinos atmosféricos estavam se transformando em neutrinos de outro tipo**

**Takaaki Kajita** • Nasceu em 1959, em Higashimatsuyama (Japão). Formou-se em física na Universidade Saitama (1981) e obteve seu doutorado (1988) na Universidade de Tóquio (ambas no Japão). Desde 1988, é pesquisador e professor do Instituto de Pesquisas em Raios Cósmicos da Universidade de Tóquio. Ganhou os prêmios Bruno Rossi, em 1989, e Panofsky, em 2002.



FOTO: IMAGELAB

**Arthur B. McDonald** • Nasceu em 1943, em Sydney (Canadá). Obteve-se sua graduação em física (1964) e seu mestrado (1965) na Universidade de Dalhousie (Canadá), e seu doutorado (1969) no Instituto de Tecnologia da Califórnia (EUA). É diretor do Observatório de Neutrinos Sudbury e professor de astrofísica de partículas na Universidade Queen, ambos em Ontário (Canadá).



FOTO: KEITH MCGRAW/IC

com aqueles vindos ‘pela parte de baixo’ – ou seja, que atravessavam a Terra (figura) –, observou-se que apenas metade dos neutrinos vindos do outro lado do planeta era detectada.

Esse *déficit* (desaparecimento) levou os físicos teóricos a especular que seria um sinal de um fenômeno (a oscilação de neutrinos) sugerido ainda em 1957 pelo físico italiano Bruno Pontecorvo (1913-1993). Cinco anos depois, os físicos teóricos japoneses Ziro Maki (1929-2005), Masami Nakagawa (1932-2001) e Shoichi Sakata (1911-1970) propuseram que, se os neutrinos tivessem massas diferentes de zero, então, isso seria uma explicação para a ideia de oscilação dessas partículas.

A oscilação de neutrinos faz com que os neutrinos do múon, os mais abundantes produzidos na atmosfera terrestre, sejam transformados em neutrinos do tau – e estes eram praticamente invisíveis ao experimento Super-Kamiokande. Após coletar dezenas de milhares de eventos de neutrinos, Kajita e colaboradores anunciaram, em 1998, que a única possível explicação era que os neutrinos estavam sofrendo essa ‘metamorfose fantasmagórica’.

Do outro lado da Terra, em uma mina no Canadá, também localizada abaixo da superfície (cerca de 2 km), foi construído o experimento Sudbury, idealizado para medir os neutrinos produzidos no interior do Sol. Hoje, entendemos que a luz solar é produzida por reações nucleares, e estas também produzem, além da luz, neutrinos eletrônicos. Em 2002, o químico e físico norte-americano Raymond Davis Jr. (1914-2006) e o físico japonês Masatoshi Koshiba ganharam o Nobel pela primeira observação dos neutrinos solares (ver ‘Compreendendo o cosmo’, em CH 189).

O experimento Sudbury construiu um detector com água pesada – cuja molécula tem o chamado hidrogênio ‘pesado’ (deutério) –, capaz de detectar não só neutrinos eletrônicos solares, mas também neutrinos muônicos e tauônicos. Se a hipótese de Pontecorvo de oscilação de neutrinos estivesse certa, o experimento Sudbury deveria observar também os fluxos de neutrinos muônicos e tauônicos. O físico experimental McDonald e seus colaboradores anunciaram, em 2003, que os neutrinos medidos no Sudbury eram, em sua maioria, desses dois últimos tipos.

## PRÊMIO NOBEL 2015

# DNA SOB REPARO

Assim, estava provada a existência da metamorfose dos neutrinos: parte dos neutrinos eletrônicos gerados no Sol, em sua viagem até a Terra, transformava-se nos outros dois sabores. O fenômeno subjacente a essa oscilação é a chamada superposição quântica, uma estranha propriedade do mundo subatômico em que uma partícula pode estar em dois estados distintos ao mesmo tempo. É isso que explica o fato de neutrinos muônicos se transformarem em tauônicos (como no Super-Kamiokande), e neutrinos eletrônicos, em muônicos ou tauônicos (como no Sudbury).

A descoberta da oscilação de neutrinos tinha uma consequência importante: se os neutrinos oscilam, então eles devem ter necessariamente massa. Mas esse fato não é considerado pelo Modelo Padrão das Partículas Elementares (ou apenas Modelo Padrão), uma ferramenta teórica que os físicos usam para estudar as partículas subatômicas e as 'forças' (interações) entre elas.

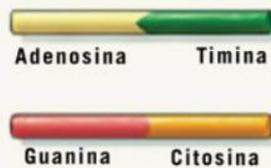
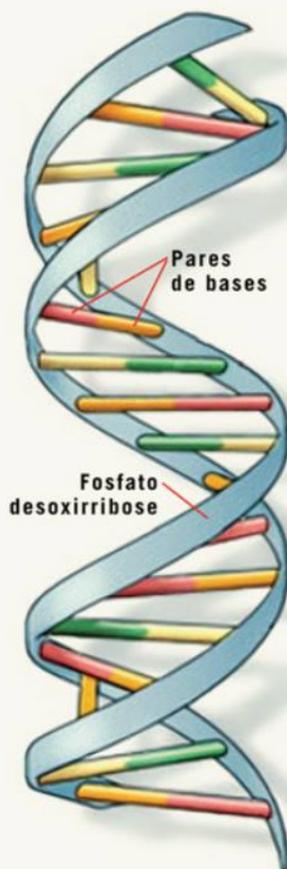
No Modelo Padrão, todas as partículas conhecidas – com exceção dos neutrinos e dos fótons – têm a massa devido à interação delas com o chamado bóson de Higgs, que, apesar do nome, foi proposto pelo físico belga François Englert e pelo britânico Peter Higgs, ganhadores do Nobel em 2013 por essa previsão (ver 'A partícula recém-nascida', em CH310).

Portanto, a melhor e mais completa teoria das partículas elementares que conhecemos não pode explicar a massa dos neutrinos. Assim, temos, agora, uma charada para resolver: qual é a origem das massas dos neutrinos?

Não sabemos que outras surpresas os neutrinos podem nos revelar. E é justamente por isso que estamos em um momento bem interessante na física de partículas.

ORLANDO L. G. PERES

INSTITUTO DE FÍSICA GLEB WATAGHIN,  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (SP)



BIOSKETCH BY FIGURA DE INSTITUTIONAL LIBRARY OF MEDICINE

O britânico Francis Crick (1916-2004), físico de formação, foi, sem dúvida, o mais importante cientista do século passado na área de biologia e bioquímica. Além da descoberta da estrutura da molécula de DNA – em coautoria com o biólogo norte-americano James Watson –, Crick revelou o código genético e propôs o chamado dogma central da biologia molecular, segundo o qual a informação genética flui preferencialmente nas células na direção DNA-RNA-proteína.

Crick – a despeito de invariavelmente trazer à tona propostas com primazia – uma vez se penitenciou por não ter previsto a existência do reparo do DNA. De fato, se o DNA não pudesse ser reparado, uma lesão química em sua estrutura, induzida por uma instabilidade intrínseca, poderia acarretar mutações ou a morte da célula.

O que é o reparo do DNA? Uma molécula tem sempre uma probabilidade de sofrer modificação – por exemplo, perda de um átomo ou alteração de uma ligação química. Essa tendência só desaparece quando ela se aproxima da temperatura de zero kelvin (o chamado 'zero absoluto', cerca de 273° celsius negativos).

O DNA é formado por duas cadeias de bases. Popularmente denominadas 'letras', essas bases são: adenina (A); timina (T); guanina (G); citosina (C), que se arranjam em pares (A-T e G-C), que, lembrando os 'degraus de uma escada', mantêm a estrutura de dupla hélice da molécula de DNA (figura).

Concepção artística da estrutura de uma molécula de DNA, com suas duas cadeias de bases, que se arranjam em pares e as 'colunas laterais' do DNA, formadas por moléculas intercaladas de fósforo e açúcares (fosfato desoxirribose)

# QUÍMICA

## QUÍMICA

**Tomas Lindahl** • Nasceu em 1938, em Estocolmo (Suécia). Obteve seu doutorado em medicina (1967) no Instituto Karolinska, em Estocolmo. É pesquisador emérito do Instituto Francis Crick, em Londres (Inglaterra), e diretor emérito do Instituto de Pesquisas em Câncer do Reino Unido. Recebeu as medalhas Real (2007) e Copley (2010), da Royal Society.



FOTO: CANCER RESEARCH UK

**Paul Modrich** • Nasceu em 1946, em Raton, Novo México (EUA). Graduiu-se em biologia (1968) no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (EUA) e obteve seu doutorado em bioquímica (1973) na Universidade de Stanford (EUA). É professor de bioquímica na Universidade Duke (EUA).

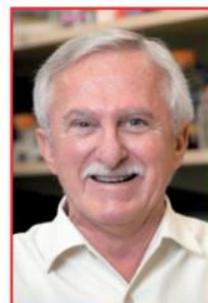


FOTO: DIVULGAÇÃO: DUKE UNIVERSITY

**Aziz Sancar** • Nasceu em 1946, em Savur (Turquia). Formou-se em medicina (1969) na Universidade de Istambul e obteve seu doutorado (1977) na Universidade do Texas (EUA). É professor de bioquímica e biofísica na Universidade da Carolina do Norte (EUA). É cofundador da Fundação Aziz e Gwen Sancar, instituição sem fins lucrativos que promove a cultura turca e o intercâmbio de estudantes turcos nos EUA.



FOTO: M. ENZLINO / UNIC-SCHOOL OF MEDICINE

A sequência desses pares de bases forma um gene, o qual fornece a informação para a geração de uma proteína (insulina, colágeno, albumina, hemoglobina etc.). Vale citar que, além dos genes, há sequências do DNA que exercem outras funções.

Se uma 'letra' (base) de um gene sofre uma modificação química adversa, muitas consequências podem advir disso. Uma delas: a perda de informação para produção da proteína codificada por esse gene. Outra é a interrupção da duplicação do DNA, processo importante quando uma célula está se multiplicando e no qual devem ocorrer cópias idênticas dos genes.

Há um grande número de processos de reparo. Fundamentalmente, a base que sofreu alteração química é removida – por meio da ação de enzimas – e substituída por uma base igual, mas sem danos.

Uma noção da importância do reparo pode ser apreciada se considerarmos que a probabilidade de ocorrer uma modificação química espontânea (ou seja, não induzida) em uma base é de  $10^{-5}$  para cada duplicação do DNA – ou seja, um erro para cada 100 mil duplicações. O processo de reparo, por sua vez, vai diminuir essa probabilidade para  $10^{-10}$  (1 em 10 bilhões).

A importância do reparo do DNA pode também ser avaliada em doenças genéticas, como xerodermia pigmentosa (hipersensibilidade à radiação ultravioleta), síndrome de Cockayne (hipersensibilidade a agentes químicos) e ataxia-talangiectasia (sensibilidade à radiação ionizante). Em todos esses casos, as enzimas responsáveis por processos de reparo ou têm falhas, ou estão ausentes.

Um exemplo da necessidade de processo de reparo em células normais advém da presença nelas de componentes metabólicos, como o peróxido de hidrogênio (água oxigenada) e, mesmo que em quantidades baixas, de íons de ferro. Esses dois compostos reagem entre si e formam o radical hidroxila (espécie química extremamente reativa), que reage com moléculas biológicas e alteram a estrutura delas.

Os sistemas de reparo do DNA identificam de forma contínua essas alterações, removendo-as e introduzindo os componentes normais dessa molécula. Trata-se de um processo continuamente ativo no organismo, pois esses agentes modificadores estão sempre presentes nas células normais.

Esses são apenas alguns exemplos de processos importantes de reparo do DNA. Tomas Lindahl, Paul Modrich e Aziz Sancar – ganhadores do Nobel de Química deste ano – estiveram envolvidos, por muitos anos, na elucidação de mecanismos de reparo do DNA, e a concessão do prêmio a eles é um reconhecimento da importância de suas descobertas.

O processo de reparo do DNA foi descoberto em 1963 por Philip Hanawalt, da Universidade de Stanford (EUA). Ele esteve muitas vezes no Brasil, onde ainda mantém contatos científicos com vários de nossos pesquisadores. Foi uma decepção para nós que ele não estivesse entre os ganhadores do Nobel deste ano.

### ROGÉRIO MENECHINI

INSTITUTO DE QUÍMICA,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (APOSENTADO)  
E DIRETOR CIENTÍFICO DO PROGRAMA SCIELO

### CARLOS MARTINS MENCK

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

## PRÊMIO NOBEL 2015

# CONSUMO, POBREZA E BEM-VIVER

**A** Real Academia Sueca de Ciências intituiu o prêmio concedido a Angus Deaton de 'Consumo, pobreza e bem-estar'. No texto da comissão avaliadora, as contribuições científicas realizadas por ele nos últimos 40 anos foram reorganizadas em três vertentes: i) modelos de demanda de grupos de despesas de consumo (alimentação, habitação etc.), que já haviam premiado seu mestre, o britânico Richard Stone (1913-1991), com o Nobel em 1984; ii) estudo da escolha entre consumo e poupança, objeto dos prêmios conferidos ao italiano Franco Modigliani (1918-2003), em 1985, e ao norte-americano Milton Friedman (1912-2006), em 1976; iii) e, por fim, estudos sobre pobreza e bem-estar, que já haviam conferido o Nobel ao indiano Amartya Sen, em 1998 (ver 'Desigualdade, pobreza e fome', em *CH* 145).

Eu ainda englobaria um quarto elemento — não citado pela comissão — do trabalho de Deaton: indicadores subjetivos, que também já renderam o Nobel ao americano-israelense Daniel Kahneman, em 2002 (ver 'Experimentação e dimensão psicológica dos fatos econômicos', em *CH* 189).

Se todos os temas citados já foram objeto de premiações anteriores, qual é a lógica de concessão do Nobel a Deaton? Na minha opinião, o prêmio vem por sua capacidade de encarar de frente as escolhas humanas fundamentais envolvendo pessoas, coisas, instantes do tempo e estados da natureza, por meio da rara combinação de rigor com relevância, aí englobando aspectos distintos, como medição, teoria e avaliação empírica. Segundo o próprio premiado, seu mérito maior foi integrar estatística, sociologia e economia.

Mais que a soma de suas notáveis contribuições originais, o prêmio se deu pelo conjunto da vasta obra.

Outra motivação para a premiação são as consequências diretas do trabalho de Deaton na vida das pessoas, seja pelo desenho de melhores indicadores, pela construção de políticas públicas em bases mais sólidas ou pela melhor avaliação empírica dos impactos obtidos. Ele consegue inovar em partes-chave da disciplina, sem perder a direção de progresso do todo.

Como professor, Deaton transmite a seus alunos a atração irresistível de tentar seguir seus passos, multiplicando frutos no caminho — tive o prazer de dizer isso a ele pessoalmente no ano passado. Os livros dele conseguem superar seus seminários artigos, refletindo sua capacidade de alinhar os elementos centrais na primeira e



FOTO: G. NINNO / FREE IMAGES



## ECONOMIA

**Angus Deaton** • Nasceu em 1945, em Edimburgo (Escócia). É anglo-americano. Fez sua graduação, seu mestrado e doutorado (1974) em economia na Universidade de Cambridge (Reino Unido). É professor de economia e relações internacionais na Universidade Princeton (EUA) desde 1983.

FOTO: IMAGEM/ACQUARO

derradeira narrativa econômica que envolve os trajetos de princípios a evidências; de escolhas a resultados; de indivíduos a sociedades.

Consumo é a principal despesa agregada – em particular, entre os pobres. É o tema mais presente nas primeiras páginas dos livros-texto, tanto de microeconomia quanto de macroeconomia. Na verdade, ninguém endereçou a ligação entre esses dois níveis de análise com a precisão e clareza do livro dele com o britânico John Muellbauer, de 1980, *Economics and consumer behaviour* (Economia e comportamento do consumidor).

Deaton, nascido na Escócia, berço da economia, sabe como ninguém a importância de se adaptar às novas exigências e aos desafios de seu tempo. Em 1974, estimou equações de despesas de consumo das famílias e inventou o ‘Sistema quase ideal de demanda’, que se tornou a pedra angular do campo.

Na macroeconomia, quando a moda era a ferramenta econométrica denominada cointegração (análise das propriedades comuns de longo prazo das séries estatísticas de tempo), o chamado ‘paradoxo de Deaton’ mostrou que o consumo deveria variar tanto quanto a renda – mas não o faz. A partir disso, Deaton revelou a necessidade de se usar bases de dados desagregados (ou seja, separados por sexo, idade, educação, renda familiar etc.).

Em 1985, Deaton inventou os chamados ‘pseudopainéis’, que permitiram estudar a dinâmica da renda e do consumo ao longo da vida, sem ter que acompanhar a trajetória de cada indivíduo. Depois, mos-

trou como a desigualdade, na mesma geração, tende a crescer ao longo da vida. Seu livro de 1992, *Understanding consumption* (Entendendo o consumo), é ainda hoje a obra mais bem escrita sobre o dilema da escolha entre consumo presente e futuro.

Deaton foi decisivo no desenho, na utilização e na disseminação, mundo afora, das bases de microdados domiciliares (levantamentos de informações sobre as pessoas em suas casas). A construção dos LSMS (sigla, em inglês, para Pesquisa de Medição dos Padrões de Vida), aplicados em diversos países em desenvolvimento pelo Banco Mundial, transformou a forma como se aborda a política pública nesses lugares. Seu livro de 1997, *The analysis of household surveys* (A análise de pesquisas domiciliares), é referência obrigatória.

O autor transcendeu o papel de acadêmico rigoroso e resgatou a tradição de intelectual público, que, por meio do debate de ideias, influenciou o desenho de políticas em países diversos, como África do Sul, Paquistão e Índia. Ele comprovou em seu livro de 2013, *The great escape: health, wealth, and the origins of inequality* (A grande escapada: saúde, riqueza e as origens da desigualdade), que a queda da pobreza mundial, nos últimos 30 anos, foi a maior da história estatisticamente documentada da humanidade, apesar do aumento da desigualdade no interior da maioria dos países. Ao mesmo tempo, contribuiu decisivamente com a construção de metas globais de pobreza, para impulsionar a continuidade desse progresso, como os ‘Objetivos de Desenvolvimento Sustentável’, da Organização das Na-

ções Unidas, os quais comprovam sua capacidade de se adaptar aos novos tempos, assim como de moldá-los.

De maneira geral, seus estudos não o permitiram rejeitar a importância central do nexo renda-consumo, na disciplina econômica, a qual, ainda no século 19, ganhou o título de ‘a ciência triste’ (*the dismal science*). Nos últimos anos, Deaton conectou meios aos fins, entrando nos meandros da psicologia da formação das preferências do ‘*Homo economicus*’, algo em geral visto como um dado externo à realidade. Assim, ele alinha a teoria com a evidência por meio do uso de indicadores subjetivos de bem-estar, ou melhor, de bem-viver (*wellbeing*), termo que, não por acaso, nomeia seu centro de pesquisas em Princeton (EUA).

Deaton demonstra, ainda em seu livro de 2013, que, em um conjunto mais amplo de países, incluindo os mais pobres, há relação mais próxima entre renda e satisfação com a vida do que supunham os estudos anteriores. Ele, entretanto, demonstra que, dentro dos países, há um ponto de saturação aos US\$ 75 mil anuais (cerca de R\$ 300 mil), no qual mais dinheiro não traz mais felicidade.

Ironicamente, portanto, o impacto da premiação do Nobel de Economia em sua vida será mais pelo reconhecimento do que pelos recursos.

### MARCELO CÔRTEZ NERI

CENTRO DE POLÍTICAS SOCIAIS (FGV SOCIAL) E ESCOLA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA (EPGE), FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (RJ)

## PRÊMIO NOBEL 2015

# DA TRADIÇÃO AO MEDICAMENTO

**S**ob as intempéries da Revolução Cultural Chinesa, entre 1966 a 1976, floresce um dos mais significativos e intrigantes achados médicos do século passado: a descoberta da artemisinina, o tratamento mais eficaz contra a malária da atualidade, responsável por salvar milhares de vidas em diferentes países do mundo.

Tão importante é a descoberta de tal droga que este ano o Nobel de Fisiologia ou Medicina foi concedido à dedicada pesquisadora chinesa Youyou Tu, da Academia de Medicina Tradicional Chinesa. No final da década de 1960, Tu liderou um grupo de pesquisadores que tes-

tou, incansavelmente, a ação antimalárica de mais de 2 mil preparações obtidas de ervas tradicionalmente usadas na medicina chinesa.

Esses testes fizeram parte de uma iniciativa militar secreta chinesa, denominada Projeto 523 (em referência à data de sua criação, 23 de maio de 1967), cujo objetivo foi triar novas drogas antimaláricas que pudessem ser usadas por tropas vietnamitas durante a Guerra do Vietnã (1955-1975).

Embora a proposta inicial do Projeto 523 fosse a contenção do número de mortes decorrentes da malária na guerra, em longo

prazo, pretendia-se descobrir novos tratamentos, tendo como base a medicina milenar chinesa. Assim, 380 extratos obtidos a partir de 200 ervas chinesas foram experimentalmente testados contra a malária em camundongos infectados com o parasito *Plasmodium berghei*, mostrando, entretanto, resultados pouco promissores.

A grande revelação veio quando um extrato obtido da planta *Artemisia annua* L. (figura) — erva *Qinghao*, em chinês — mostrou-se capaz de reduzir os níveis de parasitos no sangue dos animais infectados. Porém, esses resultados não foram confirmados em experimentos posteriores.

Em pesquisas científicas, muitas vezes, é necessário olhar para trás antes de seguir adiante. Diante dos resultados negativos, Tu recorreu aos antigos relatos sobre a utilização do *Qinghao* para o tratamento de quadros febris intermitentes — um dos sintomas da malária. A partir de informações extraídas dos escritos deixados por Ge Hong (283-343), em seu *Livro das prescrições para emergências*, datado de 340, Tu encontrou a explicação para a dificuldade de se confirmarem, experimentalmente, os resultados iniciais por ela obtidos.

Segundo Hong, a erva deveria ser deixada em imersão, em 2 litros de água fria, antes de o extrato ser ingerido. Essa informação levou a pesquisadora chinesa a concluir que o processo de aquecimento convencionalmente usado para extração de componentes ativos de plantas interferia na atividade antimalárica do composto. De fato, Tu e seu grupo demonstraram, em 1971, que o extrato obtido de folhas frescas, em baixa temperatura, era capaz de eliminar os parasitos causados

***Artemisia annua*, planta da qual foi isolada a molécula de artemisinina, que se tornou um medicamento para tratamento da malária**



FOTO: KRISTIAN PETERS / WIKIMEDIA COMMONS

## FISIOLOGIA OU MEDICINA

res da malária, tanto em camundongos quanto em macacos infectados por *Plasmodium cynomolgi*.

Em posse desses resultados, Tu e sua equipe partiram para a próxima etapa: testar o extrato em seres humanos. Com a ousadia característica dos grandes cientistas, Tu e sua equipe foram os primeiros voluntários que receberam o extrato de *Qinghao*. Após a comprovação da segurança da administração, o extrato foi testado em 21 pacientes infectados por *Plasmodium vivax* e *Plasmodium falciparum* – as duas principais espécies causadoras de malária humana – na província de Hainan, na costa sul da China.

Dessa vez, os resultados obtidos foram promissores, pois, além de eliminar os parasitos da circulação sanguínea de forma rápida e eficaz, os sintomas desapareciam. Mas ainda havia um desafio a ser superado: isolar e caracterizar o princípio ativo presente no extrato. Isso ocorreu em 1972, quando foi identificada a molécula do *Qinhaosu* – ‘su’ significa elemento básico em chinês –, mais tarde denominada artemisinina.

Além das dificuldades enfrentadas por Youyou Tu e colaboradores na produção e formulação da artemisinina, o grupo era impedido pela política de estado do Partido Comunista chinês de divulgar e discutir seus resultados fora dos limites do país. Após muitos esforços e contando com a colaboração do Instituto de Biofísica da Academia Chinesa de Ciências, foi determinada, em 1975, a estrutura química da artemisinina, uma molécula complexa que contém um grupo peróxido (dois átomos de oxigênio ligados entre si), essencial para sua ação antimalárica.

Em 1977, a estrutura química da artemisinina foi publicada em chinês. Entretanto, somente dois anos depois, a molécula foi revelada para a comunidade científica internacional e para o mundo, com a publicação de sua estrutura em língua inglesa. Apesar da importância e do pioneirismo do trabalho, Youyou Tu só passou a ser reconhecida recentemente, quando recebeu o prêmio Lasker-DeBakey de Pesquisa Clínica, em 2011.

Este ano, Tu dividiu o Nobel de Medicina com o irlandês William Campbell e o japonês Satoshi Ōmura, que deram contri-

**Youyou Tu** • Nasceu em 1930, em Zhejiang Ningpo (China). Formou-se em medicina (1955) na Universidade de Beijing (China) e, em seguida, estudou, por mais dois anos e meio, medicina tradicional chinesa. Atualmente, é cientista-chefe da Academia de Medicina Tradicional Chinesa, de Beijing.

**William C. Campbell** • Nasceu em 1930, em Ramelton (Irlanda), e tornou-se cidadão norte-americano em 1962. Formou-se em biologia (1952) no Trinity College de Dublin (Irlanda). Obteve seu doutorado (1957) em parasitologia na Universidade de Wisconsin, em Madison (EUA). É pesquisador emérito da Universidade Drew (EUA).

**Satoshi Ōmura** • Nasceu em 1935, em Yamanashi (Japão). Graduiu-se (1958) na Universidade de Yamanashi, fez seu mestrado (1963) na Universidade de Ciências de Tóquio (Japão) e obteve dois doutorados: em ciências farmacêuticas (1968), na Universidade de Tóquio, e em química (1970), na Universidade de Ciências, de Tóquio. É professor emérito da Universidade Kitasato, em Tóquio. Ganhou o Prêmio da Academia Japonesa (1990) e a medalha de ouro Koch (1997).



FOTO: CORTESIA WANGREN ALPERT FOUNDATION

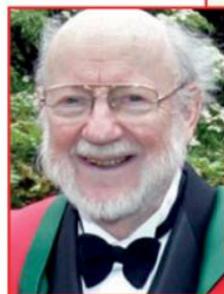


FOTO: JUSTIN MAC NEES / TRINITY COLLEGE DUBLIN/INRAE



FOTO: DIVULGAÇÃO / WWW.SATOSHI-OMURA.NPO

buições importantes para o tratamento de doenças como a cegueira do rio (oncocercose) e a elefantíase (filariose linfática), causadas por nematelmintos (parasitos de corpos cilíndricos e alongados).

Após mais de 40 anos desde a descoberta da artemisinina, a malária continua sendo um dos principais problemas de saúde pública no mundo. Estima-se que a doença afete cerca de 250 milhões de pessoas em áreas subtropicais e tropicais do planeta, resultando em, aproximadamente, 1 milhão de mortes a cada ano, sendo a maioria delas de crianças com menos de 5 anos de idade na África subsaariana.

Por essa razão, o tratamento adequado e precoce da infecção é considerado, hoje, a principal ferramenta para o controle da malária nos países endêmicos, pois, além de reduzir o sofrimento e evitar mortes,

contribui, significativamente, para a redução da transmissão do parasito a outras pessoas.

Dentro dessa perspectiva, a Organização Mundial da Saúde tem priorizado, desde 2009, o uso dos derivados da artemisinina, em associação com outros antimaláricos, como a principal arma contra o *P. falciparum*, espécie responsável pelas maiores taxas de mortalidade.

Por tudo isso, o Nobel concedido a Youyou Tu representa um justo reconhecimento ao avanço científico que revolucionou o tratamento e o controle de uma das mais importantes doenças parasitárias que afligem a humanidade, a malária.

**ÉRIKA M. BRAGA**

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA,  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

## PRÊMIO NOBEL 2015

# A DOR DA GRANDE HISTÓRIA

**E**mbora nenhuma obra de Svetlana Alexievich, a vencedora do Nobel de Literatura deste ano, tenha sido traduzida no Brasil, a escritora é bem conhecida mundo afora: seus livros são editados em 20 idiomas, venderam milhões de exemplares e, antes do Nobel, ela já havia sido agraciada com 20 prestigiosos prêmios internacionais.

Alexievich – que sempre escreveu em russo, apesar de ter nascido na Ucrânia e de viver na Bielorrússia – terminou seu primeiro livro, *A guerra não tem um rosto feminino*, em 1983. Mas essa trágica narrativa documental, tecida de centenas de vozes das mulheres que participaram da Segun-

da Guerra Mundial, logo foi proibida pela censura soviética. O livro saiu apenas em 1985, no início da *Perestroika*, e, em seguida, tornou-se um dos *best-sellers* incontestáveis da nova época: sua tiragem chegou a 2 milhões de exemplares.

Em 1985, Alexievich publicou mais um livro sobre a Segunda Guerra, *As últimas testemunhas*, composto de relatos daqueles que passaram pela guerra ainda como crianças, de sete a 12 anos de idade. No foco da terceira obra, *Os meninos de zinco* (1989), também está a narrativa de guerra – dessa vez, a do Afeganistão. E *A prece de Chernobyl* (1997) é dedicado à catástrofe atômica nos tempos de paz.

Em sua quinta obra, *O tempo de second hand* (2013), que conclui o ciclo trágico ‘Vozes da utopia’, ela reúne os depoimentos investigando as metamorfoses do ‘*Homo sovieticus*’.

Sob a pena de Alexievich, a prosa documental ganhou uma densidade e profundidade incontestáveis. A voz autoral praticamente não se ouve em suas narrativas documentais; ela cede lugar à viva voz das testemunhas – a um surpreendente tipo de confissão, profundamente psicológico. Ela própria diz: “Eu escolhi o gênero das vozes humanas [...] É nas ruas que eu procuro enxergar e escutar meus livros. Neles, pessoas reais contam os principais aconte-

Casa abandonada em Chernobyl



FOTO: GETTY IMAGES/SENZOBANK



## LITERATURA

**Svetlana Alexievich** • Nasceu em 1948, em Ivano-Frankivsk (Ucrânia). Graduou-se em jornalismo (1962), na Universidade de Minsk (Bielorrússia). Por anos, reuniu material – centenas de entrevistas com mulheres que participaram da Segunda Guerra Mundial – para o seu primeiro livro, *A guerra não tem um rosto feminino*, lançado na Bielorrússia, em 1985. Entre suas principais obras, destacam-se *A prece de Chernobyl* (1997), sobre o acidente nuclear na Ucrânia, e *Os meninos de zinco* (1990), sobre a invasão da União Soviética no Afeganistão. Nenhum de seus livros foi traduzido para o português.

cimentos de sua época: a guerra, o desmoronamento do império soviético, Chernobyl, e, em conjunto, por meio das palavras, tece-se a história do país, a história comum. A nova e a antiga. E cada pessoa grava a história de seu pequeno destino humano [...] Eu construo o mundo de meus livros com milhares de vozes, destinos, pedaços de nossa vida e de nossa existência”.

A escritora confessa que leva de quatro a sete anos para escrever um livro; encontra-se com 500, 700 pessoas; conversa com elas e grava seus depoimentos. O ciclo ‘Vozes da utopia’ abrange dezenas de gerações e quase 100 anos da história: começa com as narrações de pessoas que se lembram das revoluções, passaram pelas guerras, pelos campos de concentração de Josef Stálin (1878-1953) e chegam aos dias de hoje.

Segundo Alexievich, “é a história da alma, da alma russa. Ou melhor, da alma russo-soviética. É a história de uma grande e terrível utopia – o comunismo, cuja ideia morreu definitivamente não apenas na Rússia, mas também no mundo inteiro. Ainda por longo tempo, ela vai continuar a tentar diabolicamente e atrair muitas mentes. E eu queria deixar os relatos das

próprias testemunhas e participantes dessa história”.

E, realmente, o tema principal de seus livros é o trauma e a memória das tragédias do século passado; todas as feridas históricas refletidas pelo prisma dos milhares de destinos humanos, feridas que começam a sangrar de novo nas páginas de Alexievich. Como literalmente acontece no relato impressionante de uma jovem enfermeira da Segunda Guerra Mundial, em *A guerra não tem um rosto feminino*: “O mais insuportável para mim eram as amputações [...] Às vezes, faziam as amputações tão altas que era difícil carregar a perna para a depositar na bacia. Eu me lembro de que eram muito pesadas. Pegava a perna escondida para que o ferido não percebesse e levava-a, como um nenê [...] Um pequeno nenê [...], especialmente quando a amputação era muito alta, acima do joelho. Eu não podia me acostumar [...] Eu sempre estive toda em sangue [...] Cor de cereja [...] Preto”.

Os livros de Alexievich tiram os leitores da zona de conforto e os obrigam a mergulhar no mundo impiedoso e violento da grande história, exigindo de cada um muita coragem para suportar o infinito mar dos

sofrimentos daquelas pessoas que participaram dessa história.

Sufrimento e dor é o trágico *leitmotiv* das obras de Alexievich. Ela diz: “Estou com os ouvidos atentos à dor [...] A dor como uma prova da vida passada. Não há outras provas; não confio em outras provas. Muitas vezes, as palavras desviavam-nos da verdade. Penso no sofrimento como a forma superior de informação que tem ligação com o mistério. Com o mistério da vida. Toda a literatura russa fala sobre isso, mais sobre o sofrimento do que sobre o amor”.

E não é por acaso que a autora sente uma ligação tão forte com a tradição da literatura russa. As vozes de centenas de “pequenos homens” (personagens prediletas da literatura clássica russa) nem-se em um coro potente e lutuoso que relata a grande história. E a força do testemunho documental é tal que obriga o leitor a sentir essa história trágica, como se ela fosse a experiência de sua própria vida.

### ELENA VÁSSINA

CURSO DE LETRAS RUSSAS,  
FACULDADE DE FILOSOFIA,  
LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS,  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

## PRÊMIO NOBEL 2015

# O QUARTETO E A TRANSIÇÃO

**E**ste ano pode marcar a consolidação do processo de democratização da Tunísia. Depois de revoltas, crises institucionais e ameaças de rupturas políticas, há a impressão de que o país descobriu umas das fórmulas para a convivência entre o islamismo político e a democracia no mundo árabe. De fato, cabe notar que a Tunísia não ressurgiu na mídia internacional somente agora: o país foi protagonista de um dos mais surpreendentes (e imprevisíveis) movimentos populares deste século, as chamadas Primaveras Árabes.

Apesar de se espalhar por países do mundo árabe, como o Egito, a Síria e até a Arábia Saudita, o início da desestabilização desses regimes se deu em um país relativamente afastado dos grandes centros de poder. Longe de ter forte influência cultural e religiosa ou destacada importância política no mundo árabe, a Tunísia aparece como um caso periférico — daí a surpresa de o país apresentar a versão mais definitiva no processo de transição entre antigas e cruéis ditaduras e um novo modelo democrático.

Uma breve análise da história política tunisiana ajuda a entender esse processo surpreendente. A Tunísia foi parte do império turco-otomano até 1881, quando se transformou em protetorado francês. Ganhou sua independência em 1956, momento em que viveu curta experiência monárquica, interrompida, no ano seguinte, por uma ditadura de forte controle estatal e combate a grupos islâmicos. Em 1987, outro golpe levou a um governo com tendências repressivas e centralizadoras, que manteve o perfil secular de seu antecessor, coibindo influências do islã político. O período é marcado não só por avanços econômicos, mas também pelo empobrecimento de grande parte da população.

É nesse contexto que estoura a 'Revolução de Jasmim'. Iniciada por Mohamed Bouazizi (1984-2011), jovem vendedor

nas ruas de Sidi Bouzid. Em dezembro de 2010, ele põe fogo em seu corpo no centro da pequena cidade, ato marcado por sua desesperança, causada pela falta de condições de vida, trabalho e emprego. Em janeiro do ano seguinte, a morte daquele jovem — que se tornaria um símbolo político — marca o início da Primavera Árabe na Tunísia.

A revolução tunisiana daria início a profundas mudanças políticas que inaugurariam um modelo inédito de democracia no país. Após manifestações em diversas cidades, o governo ditatorial é derrubado, abrindo espaço para sua sucessão. Em uma realidade de forte secularização e fechamento político, o partido islâmico Ennahda (ou Partido da Renascença) acabou por ser o maior beneficiado, por ser a única força política sem ligações com o antigo regime.



## PAZ

A situação de clandestinidade do Ennahda fez com que o partido permanecesse ativo mesmo fora da lei — o que lhe deu uma organização mais sólida que a dos outros no momento da troca de governo. Depois de curta fase de transição, houve convocações de eleições. Em outubro de 2011, o Ennahda foi eleito.

Para analistas, os resultados eleitorais poderiam indicar que a longa secularização da Tunísia era, de fato, frágil e que o país caminhava para o fortalecimento e a consolidação de grupos islamitas no poder. Não foi o que ocorreu.

Os islâmicos tentaram manter-se no poder com uma política moderada, formando um governo que incluía partidos seculares e encaminhando o país para uma nova constituição. Internamente, entretanto, o governo era duplamente desafiado: enquanto grupos de esquerda acusavam o Ennahda de ter interesses na islamização do país, grupos salafitas (linha islâmica radical) impulsionavam o governo para a adoção da sharia (lei islâmica).

Nesse momento, dois assassinatos políticos ameaçam jogar a Tunísia no caos político. Em fevereiro de 2013, o advogado Chokri Belaid (1964-2013), secretário geral do Partido Patriota Democrático, profundamente anti-islamista e de esquerda, foi assassinado — ele já havia denunciado ameaças contra ele. Em julho, o político Mohamed Brahmî (1955-2013), naciona-

lista e de oposição, também é morto por militantes islamistas.

Esses assassinatos foram seguidos por violentas manifestações, greves gerais, atentados e choques entre militantes islâmicos e membros de partidos seculares. Um dos maiores protagonistas dessas manifestações foi a União Geral Tunisiana dos Trabalhadores (UGTT), tradicional central sindical do país. A situação parecia levar à incerteza política e social.

Foi nesse momento que a UGTT começou os esforços para levar adiante o processo constituinte. Com a formação de um 'Quarteto' de negociadores — que incluía a própria UGTT, a União Tunisiana da Indústria, a Organização dos Advogados da Tunísia e a Liga Tunisiana dos Direitos Humanos —, iniciaram-se negociações para se chegar a um acordo e evitar uma explosão política.

Como resultado dessas negociações, o Ehnada aceitou um governo de transição

**Quarteto de Diálogo Nacional da Tunísia** • É composto pela União Geral Tunisiana do Trabalho, a União Tunisiana da Indústria, do Comércio e do Artesanato, a Ordem Nacional dos Advogados da Tunísia e a Liga Tunisiana dos Direitos Humanos (LTDH). Formado em 2013, quando o processo de redemocratização do país estava ameaçado.

que pudesse manter ativa a Assembleia Constituinte. Assim, o engenheiro Mehdi Jomaa, considerado um tecnocrata, assumiu o poder de um governo de transição e formou um governo técnico de coalizão. Com o apoio do 'Quarteto de Transição', deu-se continuidade ao trabalho da Assembleia Constituinte.

Em janeiro do ano passado, a Tunísia aprovou o que pode ser considerada a mais moderna Constituição do mundo árabe. Após intensos debates, as forças sociais e políticas do país conseguiram chegar a um texto que garante liberdade democrática e evita que se adote a sharia como lei nacional.

Após a nova Constituição, o 'Quarteto' ainda negociou eleições para substituir o gabinete de transição. Em dezembro do ano passado, o político veterano Béji Essebsi, ex-membro do governo ditatorial da década de 1980 e fundador do partido secular Nida Tounis ('Um chamado para a Tunísia'), ganhou as eleições. Após extensas negociações, o Ehnada aceitou ser parceiro minoritário do governo, evitando nova divisão do país.

O 'Quarteto de Transição' foi peça fundamental no tabuleiro político da Tunísia. Foram as organizações do 'Quarteto' que evitaram que o país caísse em um perigoso confronto interno. Agora, os desafios da Tunísia não são menores. Ainda há que se resolver a dramática situação social do país, a qual acabou por levar, em 2010, às primeiras manifestações que deram origem às Primaveras Árabes.

**MICHEL GHERMAN**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HISTÓRIA SOCIAL  
E NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS ÁRABES  
E JUDAÍOS (COORDENADOR),  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO



**Protestos no mundo árabe: a partir da esquerda, em sentido horário, revolução egípcia em 2011, revolução na Tunísia, levante no Iêmen e na Síria, todos no mesmo ano**

ENCICLOPÉDIA

# GLIFOSATO

Estudos revelam que os herbicidas à base de glifosato, o agrotóxico mais comercializado no Brasil e no mundo, têm efeitos adversos para a saúde humana e dos animais e para os ecossistemas. A contaminação de alimentos, água e ar por esses produtos pode estar associada ao desenvolvimento de uma série de doenças na população, como distúrbios gastrointestinais, obesidade, diabetes, doenças cardíacas, depressão, autismo, infertilidade, câncer, entre outras. Na base desse problema, está a falta de rigidez na regulamentação do uso de herbicidas contendo glifosato e seus derivados, que não considera as evidências científicas mais atuais sobre a toxicidade desses compostos.

**Sonia Corina Hess**

*Departamento de Ciências Naturais e Sociais,  
Universidade Federal de Santa Catarina, campus de Curitibanos*

**Rubens Onofre Nodari**

*Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias,  
Universidade Federal de Santa Catarina*

**E**m 1969, a empresa Monsanto obteve a patente do composto químico glifosato para uso como herbicida. O glifosato é o princípio ativo do produto comercial Roundup, que mata qualquer tipo de planta, exceto os vegetais transgênicos denominados RR (Roundup Ready), que foram desenvolvidos para serem resistentes ao referido produto.

Ao investigar a composição química de grãos de soja produzidos em Iowa, nos Estados Unidos, pesquisadores relataram, em trabalho

publicado em 2014, que os grãos da soja geneticamente modificada Roundup Ready acumulavam glifosato, o que não foi observado em grãos de variedades não transgênicas. Além disso, foram encontradas diferenças substanciais na composição química dos grãos investigados, como os teores de proteínas, minerais e açúcares, evidenciando que a soja transgênica não tem o mesmo perfil químico e nutricional que a soja não transgênica produzida em sistema orgânico ou convencional. Não são, portanto, alimentos equivalentes.



# SATO

## NÃO É ÁGUA



Os grãos geneticamente modificados, contaminados com glifosato, são usados como alimento na criação de bois, porcos, ovelhas e frangos. Consequentemente, ovos, leite, manteiga, queijo e outros produtos animais são contaminados.

Desde 2005, também tem sido comum a aplicação de agrotóxicos à base de glifosato para secar plantas não transgênicas pouco antes da colheita de modo a facilitar esse processo, o que tem resultado no aumento de resíduos desses herbicidas em alimentos como trigo e cana-de-açúcar, entre outros.

No Brasil, herbicidas contendo glifosato e seus derivados são classificados como pouco tóxicos e têm uso autorizado nas culturas de algodão, ameixa, arroz, banana, cacau, café, cana-de-açúcar, citros, coco, feijão, fumo, maçã, mamão, milho, nectarina, pastagem, pera, pêssego, seringueira, soja, trigo e uva. Além do uso agrícola, esse agrotóxico é frequentemente aplicado em áreas urbanas para eliminar ervas em calçadas, ruas e jardins.

Em 2008, o Brasil se tornou o maior mercado mundial de agrotóxicos e, quatro anos depois, respondia por 19% das vendas desses produtos no mundo. Entre 2010 e 2012, os

herbicidas à base de glifosato foram os mais vendidos no país, representando 29% do total das vendas. Em 2012, foram comercializadas, pelo menos, 187 mil toneladas desse produto e seus sais, quantidade equivalente a 920 gramas por habitante e que significa um aumento de 40% em relação a 2010 (ver 'Paraíso dos agrotóxicos', em CH 296).

## Riscos à saúde humana e animal

Segundo seu fabricante, o glifosato age como herbicida ao interromper a síntese de aminoácidos essenciais à sobrevivência do vegetal. Estudos recentes feitos com bactérias presentes no trato intestinal de humanos e outros animais concluíram que o composto bloqueia a síntese de aminoácidos e outros processos metabólicos dos micro-organismos benéficos, que deixam de fornecer ao seu hospedeiro aminoácidos, neurotransmissores, hormônios, vitaminas, enzimas, entre outras substâncias, levando ao desenvolvimento de doenças. Por outro lado, bactérias patogênicas se mostraram altamente resistentes ao herbicida.

Essas pesquisas apontam que herbicidas à base de glifosato têm sido responsáveis pelo desencadeamento de doenças cada vez mais

Herbicidas contendo glifosato são classificados como pouco tóxicos no Brasil e têm seu uso autorizado em vários cultivos



FOTO ANDREAS LEBERS/FREEMANCS

comuns na população, como distúrbios gastrointestinais, obesidade, diabetes, doenças cardíacas, depressão, autismo, infertilidade, câncer, doença celíaca, de Alzheimer e de Parkinson e intolerância a glúten.

Os riscos desses herbicidas para a saúde humana e animal vêm sendo demonstrados ao longo dos anos por uma série de estudos, alguns dos quais serão destacados a seguir. Pesquisadores franceses relataram, em 2007, que o Roundup causou danos às células embrionárias e da placenta de seres humanos e de equinos e, em 2009, o grupo mostrou que quatro formulações comerciais de glifosato (Roundup), em concentrações da ordem de miligramas por litro (mg/L), causaram morte de células humanas placentárias, umbilicais e embrionárias.

Outro trabalho de 2009 apontou que o glifosato desregula mecanismos endócrinos em células hepáticas humanas e, em 2012, demonstrou-se que o Roundup, em concentrações da ordem de miligramas por litro, induz a morte de células de testículos de ratos, entre outros efeitos indicativos de interferência hormonal nesses mamíferos. Coelhos brancos machos que receberam soluções de glifosato apresentaram diminuição do peso corporal, da libido, do volume das ejaculações e da concentração de esperma, além de aumento da quantidade de espermatozoides anormais ou mortos.

Em 2013, foi divulgado estudo que concluiu que o glifosato, na concentração de nanogramas por litro, induz a proliferação de células humanas de câncer de mama. Em 2014, pesquisadores inferiram que o aumento da incidência de problemas renais crônicos em uma região agrícola do Sri Lanka está associado à contaminação ambiental por herbicidas à base de glifosato, que resulta em acúmulo de sais nos rins das pessoas expostas.

Um estudo de longa duração divulgado em 2014 mostrou que ratos que beberam água contendo o herbicida Roundup (0,1 micrograma por litro) ou com milho transgênico tolerante a esse produto apresentaram cerca de 70 diferenças significativas em parâmetros sanguíneos, clínicos e urinários e no peso corporal e dos órgãos, além de modificação do consumo alimentar, se comparados com animais não expostos ao herbicida. Como resultado dessas alterações, aumentou o risco de desenvolvimento de câncer e danos nos rins, fígado e sistema gastrointestinal dos ratos, principalmente dos machos, e de câncer de mama nas fêmeas, assim como diminuiu o tempo de vida dos animais de ambos os sexos.



O glifosato é o princípio ativo do produto comercial Roundup

**Danos ao ecossistema** A contaminação por glifosato e seus derivados também é responsável por grandes prejuízos aos ecossistemas aquáticos. Estudos publicados em 2005 demonstraram que uma formulação comercial do herbicida, a uma concentração de 3,8 mg/L, foi capaz de eliminar completamente duas espécies de girinos e quase exterminar uma terceira, resultando em um declínio de 70% na diversidade desses anfíbios no experimento. Outra pesquisa, divulgada em 2010, concluiu que herbicidas à base de glifosato causam malformações em rãs. Os resultados sugerem que a disseminação dos componentes desses produtos no ambiente pode ser uma explicação para o desaparecimento de sapos observado em diversos locais do mundo.

Ao serem aplicados em ovos de jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), apenas 500 microgramas ( $\mu\text{g}$ ) do herbicida Roundup – cujas formulações comerciais contêm concentrações variáveis de glifosato, algumas com mais de 500 g/L desse composto – foram capazes de causar efeitos nocivos ao seu material genético. E, na concentração de 10 mg/L, o Roundup é capaz de interferir no DNA de uma espécie de peixe tropical.

Além da toxicidade genética, já foram constatados vários efeitos de formulações de glifosato em seres aquáticos (peixes, sapos, crustáceos), incluindo inibição de uma enzima que controla os impulsos nervosos, alterações nos tecidos orgânicos, problemas no desenvolvi-

>>>



FOTO CHAFER MACHINERY/FILCH/CC BY 2.0

mento sexual, maior proporção de hermafroditas, mudanças no comportamento e alterações bioquímicas. Os danos provocados por esse herbicida podem se estender às aves. Uma pesquisa mostrou que machos de uma espécie de pato selvagem que receberam soluções aquosas de Roundup (entre 5 e 100 mg/kg) apresentaram distúrbios no sistema reprodutivo.

Para além dos experimentos em laboratório, estudos ambientais atestam a presença de glifosato e subprodutos de seu metabolismo em recursos hídricos de vários países. O composto e seu derivado Ampa já foram detectados na água superficial de diversos locais dos Estados Unidos, Canadá, França, Espanha e Argentina, em concentrações que variaram da ordem de microgramas por litro ( $\mu\text{g/L}$ ) a miligramas por litro.

A contaminação por esse tipo de agrotóxico também atinge áreas urbanas. Nos Estados Unidos, a análise da água coletada na entrada e na saída de estações de tratamento de esgoto de 10 cidades detectou glifosato em 17,5% das amostras e seu derivado, Ampa, em 67,5% delas. Ainda nos Estados Unidos, estudo revelou que 75% das amostras de ar e de chuva coletadas na região agrícola do delta do Mississippi estavam contaminadas por glifosato e por Ampa.

Na base desse problema, está a questão da regulamentação do uso de herbicidas no mundo. Em estudo publicado em 2012, pesquisadores de diversas nacionalidades, incluindo um dos autores deste artigo, revelaram falhas na regulação de agrotóxicos na Alemanha e nos Estados Unidos. Naquela época, autoridades minimizaram os efeitos tóxicos descritos para o glifosato e suas

formulações comerciais.

No Brasil, a portaria número 2.914/2011, do Ministério da Saúde, estabeleceu em  $500 \mu\text{g/L}$  a concentração máxima de glifosato permitida na água potável. Entretanto, dados aqui apresentados demonstram que, nessa concentração, o glifosato já provoca efeitos tóxicos aos seres humanos.

Em março deste ano, a Organização Mundial da Saúde (OMS) incluiu o glifosato na categoria de substâncias potencialmente cancerígenas para humanos. Depois disso, o Ministério Público Federal brasileiro solicitou à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) a reavaliação toxicológica do glifosato e seu banimento do mercado nacional. Recentemente, um grupo de cientistas ligados à OMS e outras entidades internacionais também recomendou uma nova avaliação desse composto – com possível sugestão de banimento –, levando em conta estudos mais recentes.

Os efeitos já comprovados na literatura científica justificam banir esse composto e seus derivados do Brasil, com base na lei 7.802, de



Além do uso agrícola, o glifosato é frequentemente empregado em jardinagem em áreas urbanas

FOTO SCOTT NELSON/ALAMY.COM, BY 2.0

1989, que estabelece, em seu artigo 3º, parágrafo 6º, a proibição do registro de agrotóxicos, seus componentes e afins que revelem características teratogênicas, carcinogênicas ou mutagênicas e que provoquem distúrbios hormonais e danos ao aparelho reprodutor, de acordo com resultados atualizados de pesquisas científicas.

Diante da comprovada toxicidade do glifosato e de suas formulações comerciais, é relevante enfatizar que o amplo uso de produtos à base desse composto tem resultado na contaminação ambiental não só das regiões onde é aplicado, mas também de áreas muito distantes dos locais de aplicação. Dessa forma, é imperativo que os registros dos herbicidas à base de glifosato sejam imediata e rigorosamente reavaliados.

Mas esse processo não deve se restringir ao princípio ativo dos produtos. Os demais componentes que fazem parte das formulações comerciais de agrotóxicos devem ser avaliados e reavaliados com rigor. Um desses elementos é o adjuvante, que melhora a dispersão e a aderência do produto nas plantas. Geralmente, os dados de toxicidade divulgados pelos fabricantes são obtidos em condições ideais de uso, temperatura, luminosidade etc. Entretanto, quando o herbicida é utilizado no campo, pode apresentar efeitos diferentes, como ser mais tóxico. Logo, os estudos em que se baseiam os

fabricantes são insuficientes para assegurar a inocuidade do produto comercial. Várias pesquisas independentes já comprovaram que o adjuvante usado junto com o glifosato potencializa a ação desse composto, o que aumenta a toxidez das formulações comerciais de 100 a mil vezes em relação à do princípio ativo isolado. Essas evidências apontam a necessidade de alterações na legislação que regulamenta a permissão do uso de agrotóxicos, no sentido de exigir reavaliações periódicas tanto para o princípio ativo quanto para os componentes incluídos nos produtos comercializados.

## Sugestões para leitura

ANNET, R.; HABIBI, H. R.; HONTELA, A. 'Impact of glyphosate and glyphosate-based herbicides on the freshwater environment'. *J. Appl. Toxicol.*, v. 34, n. 5, p. 458-479, 2014.

ANTONIOU, M.; HABIB, M. E. M.; HOWARD, C. V.; JENNINGS, R. C.; LEIFERT, C.; NODARI, R. O.; ROBINSON, C. J.; FAGAN, J. 'Teratogenic effects of glyphosate-based herbicides: divergence of regulatory decisions from scientific evidence'. *J. Environ. Anal. Toxicol.*, v. S4, p. 1-13, 2012.

SAMSEL, A.; SENEFF, S. 'Glyphosate, pathways to modern diseases III: manganese, neurological diseases, and associated pathologies'. *Surg. Neurol. Int.*, v.6, p. 45-70, 2015.

SÉRALINI, G. E.; CLAIR, E.; MESNAGE, R.; GRESS, S.; DEFARGE, N.; MALATESTA, M.; HENNEQUIN, D.; SPIROUX DE VENDOMOIS, J. 'Republished study: long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize'. *Environmental Sciences Europe*, v. 26, p. 1-17, 2014.

# Martins Pena

Martins Pena foi o pioneiro no Brasil de um gênero teatral conhecido como comédia de costumes, caracterizado por retratar, em tom cômico e satírico, os comportamentos da sociedade. Poucos sabem, no entanto, que o escritor era também um intelectual sofisticado, com sólida formação em artes, línguas, literatura e música. Esse perfil erudito lhe permitia comentar a temporada de ópera no Rio de Janeiro e apontar caminhos para o desenvolvimento dos artistas brasileiros e do público em direção a um gosto considerado mais 'civilizado', alinhado à cultura e à arte europeias.

**Antonio Herculano Lopes**  
*Fundação Casa de Rui Barbosa*

Teatro Imperial  
de São Pedro  
de Alcântara  
(hoje Teatro  
João Caetano),  
no Rio de Janeiro,  
após sua  
reconstrução

DESENHO DE FRIEDRICH PLOTNIKOW, SÉCULO 19, ACERVO DA BIBLIOTECA NACIONAL



# Entre a comédia e a arte lírica

**L**uís Carlos Martins Pena (1815-1848) é amplamente reconhecido como o fundador da comédia de costumes brasileira, gênero teatral caracterizado por oferecer uma análise bem-humorada e satírica dos comportamentos e costumes em certo contexto social. Com um estilo ágil, coloquial, com muita graça e verve, ele é em geral louvado por nos oferecer um panorama da sociedade de sua época e por ter uma brasilidade mais próxima da sensibilidade de nossos tempos. Mas nos enganaríamos se o igualássemos ao intelectual engajado do século 20, dedicado à causa do povo, que se torna o agente da civilização contra as elites que o oprimem. Homem de seu tempo e lugar, ele também acreditava no valor regenerador do grande legado de cultura e arte ocidentais no processo de formação da nova nacionalidade brasileira.

Nesse sentido, poucos conhecem o Martins Pena intelectual sofisticado, com sólida formação em artes, línguas, literatura e música, capaz, por exemplo, de exercer a crítica da temporada lírica da cidade com autoridade e apontar caminhos para o desenvolvimento de nossos artistas e do público em direção a um gosto 'civilizado'. Evidência disso foi sua participação como folhetinista do *Jornal do Commercio*, com uma coluna chamada 'A Semana Lírica', que, como indica o nome, comentava a temporada de ópera na cidade. Essa atividade se deu entre 1846 e 1847, quando o autor já era amplamente conhecido e apreciado por suas comédias e farsas. Foi o seu canto do cisne. Logo em seguida, partiu como diplomata para Londres (Inglaterra) e, em menos de um ano, atacado por tuberculose, tentou voltar ao Brasil, mas morreu em Lisboa (Portugal), aos 33 anos.

Na 'Semana Lírica', revelou-se um conhecedor de música capaz de criticar as qualidades e os defeitos de cantores e orquestras. Ao mesmo tempo, mantinha um olhar simpático aos mais fracos, ao, por exemplo, acompanhar a crise trabalhista que opôs os músicos profissionais à direção do prestigioso Imperial Teatro de São Pedro de Alcântara (hoje Teatro João Caetano), no Rio de Janeiro. Um detalhe não sem importância é que, entre os diretores, estavam alguns dos principais negreiros da cidade. O presidente era José Bernardino de Sá (c.1800-1855), conhecido "comerciante" (como Pena o tratava no folhetim) que acabou se tornando barão pelas mãos de Maria II de Portugal (1819-1853), irmã de Pedro II (1825-1891). Logo, o teatro lírico – importante marco de distinção social – era, ao menos em parte, sustentado pelo dinheiro do tráfico, o que pode explicar o pouco empenho do governo em subsidiá-lo, ainda que reconhecendo sua enorme importância simbólica e lhe concedendo *status* com a presença regular da família real e da elite governante.

Martins Pena compartilhava dessa valorização da arte lírica, mas era crítico da escravidão e do tráfico, o que, em suas peças, mostrava dentro dos limites do que era possível encenar. No Imperial Teatro de São Pedro de Alcântara, palco habitual de suas produções, contava com um aliado interno, o inspetor de cena Tomás Romeiro, ex-colega do Conservatório Dramático, mas seguramente perdeu espaço ao pôr em cena, em 1845, um negreiro como vilão na comédia *Os dois ou o inglês maquinista*. Suas críticas eram relativamente moderadas, ainda que consistentes; outros periódicos, como *A sentinela da monarquia*, tratavam Bernardino como "o vilão aspirante ao baronato" e abertamente defendiam: "É preciso desapropriar o Teatro de São Pedro de Alcântara; é preciso arrancá-lo às garras da materialidade e do desfaçamento; é preciso correr os *traficantes* e *agiotas* do nosso Templo das Artes" (5 de julho de 1847).

>>>

**Crítica construtiva** Ao longo de seus folhetins, Martins Pena procurava sistematicamente estimular cantores e instrumentistas a fazerem o seu dever conscienciosa e artisticamente. Ele via sua tarefa de crítico como uma atividade didática, apontando, por um lado, o caminho do estudo e do aperfeiçoamento àqueles em quem percebia talento e, por outro, castigando a mediocridade e exigindo qualidade, como se vê no trecho a seguir: “É preciso que desapareça entre nós o preconceito de que só italianos podem cantar e compor óperas italianas. [...] Estudem pois os nossos patrícios, tenham coragem e perseverança, que ainda algum dia estas nossas palavras serão lembradas com agradecimento.”

E, sobre os compositores, escreveu: “Entre nós existem compositores que só esperam o momento e animação para nos oferecerem seus trabalhos; o público, que corre ansioso ao teatro da ópera cômica francesa, para ver um drama que muitas vezes não entende e ouvir música bem diversa do estilo e do gosto nacional, não deixará de sustentar com empenho e aplaudir a ópera cômica brasileira, que para ele será escrita. Longe não está talvez a realização desta ideia.”

Se tivesse vivido mais, talvez o próprio Martins Pena teria participado dessa tarefa de com-

por para os brasileiros. Seu drama *Vitiza*, também montado no Teatro de São Pedro, parece ter sido uma tentativa de libreto a ser musicado em um futuro próximo.

Se, para o folhetinista, os músicos alcançariam pelo estudo uma elevação aos padrões de civilização, também o público deveria ser civilizado. À época, havia o hábito de se patear (bater com os pés no chão em sinal de protesto) um cantor ou ator que desagradasse, algo considerado um direito. Mas, mesmo para isso, havia limites e procedimentos considerados adequados. A formação de grupos entusiásticos de espectadores que sistematicamente pateavam as divas rivais de suas preferidas era sujeita à intervenção do juiz dos teatros.

Um desses incidentes ganhou saborosa descrição de Martins Pena, que nos permite ter melhor ideia da experiência de ir ao teatro naquela época: “Nesse dia pela manhã correu o boato de que os da senhora Lasagna preparavam uma grande pateada para a senhora Barbieri na ocasião em que viesse cantar a ária de *Columella*. Logo que apareceu esta cantora, rompeu a mais estrondosa pateada que temos ouvido, misturada de palmas e bravos. Animosa e risinha principiou a senhora Barbieri a cantar, e gritos de desaprovação, agudos assobios, explosões de estalos fulminantes e contínuo tripudiar a acompanhavam, e ela sempre impávida. O senhor juiz, dr. Gaspar, de pé no seu camarote, lançava ansiosas vistas sobre a multidão ruidosa, como que procurando quem mais se distinguiu na celeuma. De repente, e como por inspiração, faz sinal a dois pedestres que se achavam na plateia: estes acodem ao chamado; S. Senhoria dá-lhes suas instruções, e momentos depois quatro soldados permanentes entram de roldão na plateia, e metendo-se pelas bancadas dão voz de preso a alguns moços que aí se achavam. Então a confusão tornou-se geral, o alarido cresceu, todos se levantaram. A orquestra, porém, firme no seu posto, continuava a tanger, a senhora Barbieri sem o menor assombro ia para diante, e S. Senhoria vendo a ordem que dera à força mal interpretada, bradava do seu posto: – Quem prende são os oficiais de justiça, e a guarda retire-se. Mas os rapazes, que não queriam ser presos nem por oficiais de justiça, nem pela guarda, porque no fim de tudo a cadeia era sempre a mesma, como que se preparavam para resistir dobrando os gritos, entre os quais se distinguem os de: *estamos no nosso direito!*”

## Ópera no folhetim

Em ‘A Semana Lírica’, Martins Pena comenta sobre a ópera, com sua característica ironia:

“De duas diferentes maneiras encaramos a ópera, segundo a disposição de ânimo em que estamos [...]. Se a poesia se apodera de nossa alma e nos exalta o pensamento, e se com esta predisposição temos a fortuna de assistir à representação de uma ópera bem escrita e cujos cantores conscienciosa e artisticamente fazem o seu dever, encaramo-la como o mais belo e magnífico espetáculo que tem cogitado e cogitará jamais o espírito humano. [...]

A ópera, quando assim a consideramos, é um enlevo dos sentidos, é o mais digno e nobre passatempo em que se pode gastar as horas, furtadas ao trabalho.

Mas se nossa alma está despida de toda a poesia, se olhamos para o mundo e para as ações da vida com a zombaria que merecem, e se, assim pensando, temos de assistir à representação de uma mal sabida e mal cantada ópera, de diferente modo a julgamos.

[...]

A ópera, quando assim encarada, é o mais ridículo espetáculo que nos pode roubar as horas de descanso.”

Ainda que retratando todo o episódio com o seu costumeiro humor, que apresenta os estudantes como anti-heróis afoitos, semelhantes a alguns de seus personagens, Martins Pena deixa claro o partido a que se alinha: “Diz-se geralmente: “O público tem o incontestável direito de patear”. Isto é verdade; mas a quem chamam *público*, é que desejávamos que nos dissessem. Quanto a nós, deve ter a designação de *público*, no caso sujeito, a reunião das pessoas que vão ao teatro para gozarem dos seus espetáculos, e não meia dúzia de meninos que se assentam em um canto da plateia para fazerem ruído.”

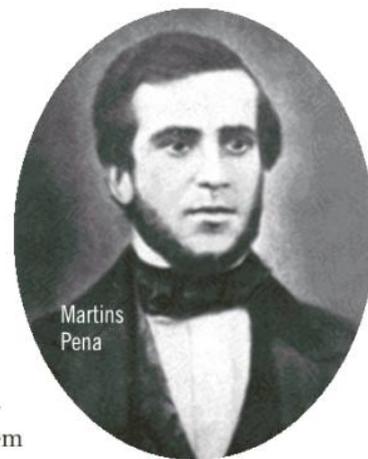
Essa postura de defesa de certa ordem amplamente aceita não pode ser confundida com conservadorismo. Seu conceito de civilização é herdeiro do Iluminismo, prezando, portanto, comportamentos racionais. Além disso, é arejado pelas mudanças nos valores morais que vinham se espalhando em solo europeu, com mais dificuldade de se arraigar nestas terras do Extremo Ocidente. Em crítica ao Conservatório Dramático – que, aliás, é uma pista para entendermos o motivo de seu afastamento –, Martins Pena expressa uma noção muito moderna do teatro como arte e divertimento e denuncia o que vê como falso moralismo: “A qualidade mais distinta dos nobres censores é um zelo contra o amor e os pecadinhos que ele faz cometer, é um fervor santo pela honestidade do casamento, é uma guerra sagrada contra certos chistes menos discretos; qualidades nimiamente respeitáveis, que poderão em breve dar cabo de todas essas composições graciosas que abundam no teatro moderno, de todas estas composições que despertam o riso, ainda dos mais preocupados, mas que, em compensação, tomando ao pé-da-letra o extravagante axioma “o teatro é a escola dos costumes”, dar-nos-ão em breve representações teatrais tão divertidas como aí uma aula de lógica em dia em que se defendem conclusões.”

**Simpatia aos desprotegidos** O olhar simpático de Martins Pena também se voltava para a sorte dos mais desvalidos. Havia, naquela época, clara hierarquia entre os profissionais da ópera: no topo, as grandes divas, seguidas dos tenores, dos músicos da orquestra e dos demais cantores do elenco e, na base, os coros, mal organizados e mal pagos.

Em meados de 1847, o Teatro de São Pedro enfrentava séria crise, que fez com que tivesse que suspender algumas de suas sessões. Com sua verve, Martins Pena descreveu o episódio no seu folhetim: “No sábado à noite achavam-se no tablado do teatro todas as figuras que entram no

*Elixir d'Amore*, para proceder-se ao ensaio dessa ópera; porém os professores da orquestra declararam que não tocariam enquanto não fossem pagos os meses de atraso que se lhes devia. A revolta é contagiosa, e esse pronunciamento dos músicos é mais que todos significativo. Como não houvesse meio de convencê-los, e se retirassem eles da orquestra, ordenou-se aos coristas que subissem para a sala do piano, a fim de ensaiarem algumas das óperas que estavam em estudo; mas estes aí chegando, revoltaram-se de novo, e levantando gritos de desobediência, principiaram a dançar a polca e o fado. Dando gritos das janelas do Largo, donde se lhes respondia com palmas e assobios; e depois, apagando as velas e fechando as janelas com estampido, desceram no meio da mais completa assuada. Nessa ocasião entrava uma autoridade teatral na sua sege, e palavras menos respeitadas lhe foram dirigidas. A que estado de desmoralização chegou o Imperial Teatro de S. Pedro de Alcântara!”

Com tais posturas, é de se imaginar que o fim da contribuição de Martins Pena para o *Jornal do Commercio* tenha decorrido de pressões dos insatisfeitos. As portas aos poucos foram se fechando: afastado do Conservatório Dramático e com dificuldade de obter espaço para a montagem de suas peças no Teatro de São Pedro, perdeu também o folhetim, que seguramente contribuía para mantê-lo em notoriedade. Talvez auxiliado por um cunhado bem posicionado socialmente, conseguiu ser mandado como adido para a legação (hoje embaixada) brasileira em Londres. Era o fim da carreira desse jovem talentoso, um pouco liberal demais para ser bem aceito pelas elites da época. Sua morte mal foi anunciada pela imprensa. Sua contínua popularidade entre o público teatral lhe deu sobrevida. Passadas algumas décadas, principiou-se um resgate de sua obra. 



Martins  
Pena

DOMINIO PÚBLICO

## Sugestões para leitura

MARTINS PENA. *Folhetins: A Semana Lírica*. Rio de Janeiro: MEC/INL, 1965.

MARTINS PENA. *Comédias*. 3 vols. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

ARÉAS, V. S. *Na tapera de Santa Cruz: uma leitura de Martins Pena*. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

LOPES, A. H. ‘Martins Pena e o dilema de uma sensibilidade popular numa sociedade escravista’. *Fênix: revista de história e estudos culturais*, vol. 4, ano IV, n. 4, 2007. Disponível em: [http://www.revistafenix.pro.br/PDF13/DOSSIE\\_%20ARTIGO\\_06-Antonio\\_Herculano\\_Lopes.pdf](http://www.revistafenix.pro.br/PDF13/DOSSIE_%20ARTIGO_06-Antonio_Herculano_Lopes.pdf)



## **Espaço da** *Ciência Brasileira*

ED. 01 - DEZEMBRO 2015

# **BRASIL, o país do futuro, é o país da ciência, tecnologia e inovação**

**I**ndicadores mostram que a Ciência, a Tecnologia e a Inovação no Brasil crescem a cada ano. Entre 1985 e 2014, houve um aumento de 93% na produção de artigos científicos no país. De 1985 a 1989, essa produção representava apenas 0,5% da inovação mundial. De 2010 a 2014, passou a equivaler a 2,76%. Esses resultados são fruto do investimento do Governo Federal em bolsas de pesquisa como as do CNPq e da Capes, nos institutos de pesquisa do MCTI, na Embrapa, na Fiocruz, entre outros.

O investimento brasileiro em Ciência e Tecnologia saltou de cerca de R\$15 milhões, em 2000, para mais de R\$85 milhões, em 2013. E o investimento em Pesquisa e Desenvolvimento aumentou de cerca de R\$12 milhões, em 2000, para R\$65 milhões, em 2013.

Neste Informe Publicitário do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e nas próximas edições você vai conhecer as descobertas e tecnologias brasileiras que estão conquistando o mundo e conferir os resultados que estão elevando o Brasil a um novo patamar.

# Brasil enriquece urânio para a produção de combustível nuclear em Angra

**A**s Indústrias Nucleares do Brasil (INB), por meio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), produziram, este ano, o primeiro lote de urânio enriquecido para ser usado na fabricação do combustível destinado ao abastecimento da Usina Angra 1.

O Brasil domina essa tecnologia desde os anos 1980, mas a consolidação ocorreu em 2006, com a inauguração da Usina de Enriquecimento, na Fábrica de Combustível Nuclear, em Resende (RJ).

O país hoje tem capacidade para enriquecer urânio para atender por ano 7% da demanda das usinas nucleares de Angra 1 e 2. Mas o objetivo do MCTI é ampliar essa capacidade para atender toda a demanda de combustível das duas usinas, evitando assim a importação do insumo.

O domínio da tecnologia é estratégico para a soberania do Brasil, além de um grande passo rumo à autossuficiência para uso pacífico de todas as potencialidades da energia nuclear.

## Saiba mais sobre o Urânio Enriquecido

Urânio enriquecido é aquele cujo teor do isótopo U-235 foi aumentado por meio de um processo de separação de isótopos. O urânio encontrado na natureza, sob a forma de dióxido de urânio (UO<sub>2</sub>) contém 99,3% do isótopo U-238 e apenas 0,7% do seu peso é de U-235. Porém, o U-235 é o único isótopo capaz de promover uma fissão nuclear em proporções significativas. Para provocar uma reação controlável de fissão nuclear nos reatores de água pressurizada é preciso dispor de um urânio enriquecido que contenha entre 3% e 5% do isótopo 235.

Na física nuclear, o processo de fissão nuclear é a quebra do núcleo de um átomo instável em dois átomos menores pelo bombardeamento de partículas como nêutrons. O processo de fissão é uma reação exotérmica com uma liberação violenta de energia, por isso é o fator gerador de energia em usinas nucleares.

## EMBRAPII/MCTI contrata novos projetos e unidades de inovação

**A** Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII), por meio de cooperação com instituições de pesquisa científica e tecnológica públicas ou privadas, e com foco em demandas empresariais, fechou o 1º semestre com mais de R\$27 milhões em projetos de inovação. Os acordos foram firmados entre empresas e unidades EMBRAPII para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de produtos ou processos em áreas estratégicas. Desde a fase-piloto do modelo, no início de 2012, já foram firmados próximo a 100 projetos, que superam a marca de R\$200 milhões.

Foram credenciadas como unidades de pesquisa EMBRAPII, com projetos em vigência, o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), o Instituto Nacional de Tecnologia (INT/MCTI), a Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras (Certi), o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe/UFRJ), o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), o Senai-Cimatec e outras. Essas e outras unidades formam uma rede que cobre diversas regiões do país, tais como Paraíba, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo (capital e interior), Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Projetos das mais diversas áreas são fomentados na fase pré-competitiva da inovação. São produtos odontológicos, sistemas inteligentes de processo produtivo, eletrônica embarcada de máquinas agrícolas, biomassa, comunicações ópticas de alta capacidade e engenharia submarina para empresas de alimentos e bebidas, informática, telecom, montadoras, petrolíferas, de máquinas e equipamentos, aeronáutica e outras que promovem o desenvolvimento brasileiro.

Os investimentos no processo de P&D são divididos igualmente entre as unidades EMBRAPII, o Governo Federal e os empresários. No entanto, algumas empresas chegam a aplicar até 50% do valor total previsto no contrato, demonstrando o acerto da iniciativa pública de promover a interação empresa-institutos de pesquisa, visando à inovação tecnológica no Brasil.

A agilidade e a flexibilidade da distribuição de recursos para projetos de inovação e o interesse dos empresários em compartilhar riscos em P&D já apresentam resultados no faturamento das unidades EMBRAPII. É o caso do Senai-Cimatec, em que o faturamento passou de R\$4 milhões, em 2012, para R\$107 milhões, em 2014.

Devido aos excelentes resultados e com o objetivo de fortalecer a capacidade de inovação do Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação pretende, ainda em 2015, selecionar sete novas unidades EMBRAPII e chegar a 25 instituições aptas a desenvolver projetos de inovação industrial em parceria com empresas. Isso ampliará o escopo de atuação para áreas de biodispositivos e biossensores; bioengenharia e implantes; biomateriais; biologia sintética; biotecnologia ambiental; bioquímica de renováveis; biofármacos e farmacoquímicos; e outras de grande oportunidade mercadológica.

# Brasil está no seleto grupo de países com embarcações modernas para pesquisas sobre os oceanos

**A** Marinha do Brasil incorporou à sua frota o NPqHo Vital de Oliveira, embarcação com equipamentos para a coleta de dados físicos, químicos, geológicos e biológicos dos mares. O navio oceanográfico amplia a capacidade de pesquisa do país e fortalece a soberania científica e tecnológica sobre uma parte importante do seu território: o mar e a costa brasileira.

O MCTI, o Ministério da Defesa e a Marinha do Brasil investiram R\$27 milhões cada. A Vale e a Petrobras investiram respectivamente R\$70 milhões e R\$38 milhões.

A gestão do NPqHo Vital de Oliveira é coordenada por um comitê com representantes dos ministérios, da Marinha e das empresas participantes. Seu objetivo é coordenar as atividades e maximizar a eficiência do seu emprego em prol do desenvolvimento de pesquisas científicas no meio marinho, bem como organizar os projetos a serem conduzidos a bordo do navio.

Além de 28 equipamentos de última geração, o Vital de Oliveira conta com Veículo de Operação Remota (ROV, na sigla em inglês), que pode atuar a uma profundidade de 4 mil metros. A embarcação também conta com cinco laboratórios, sendo dois molhados e três secos. O navio tem autonomia para ficar 30 dias em alto-mar e capacidade para abrigar 90 tripulantes e 40 pesquisadores.

Produzido no estaleiro Hangtong, em Xinhui, China, o Vital de Oliveira foi adquirido pelo Brasil em 2013 e lançado ao mar em setembro de 2014. Sua incorporação à Marinha do Brasil (MB) ocorreu em março deste ano, durante uma cerimônia em Singapura. A embarcação chegou ao Brasil no dia 15 de julho de 2015.

A utilização da embarcação de grande porte terá reflexo direto na ampliação da geração de conhecimento sobre o ambiente marinho na região do Atlântico Sul, no desenvolvimento de tecnologias e inovação em produtos e serviços, na redução da vulnerabilidade e dos riscos decorrentes de eventos extremos e das mudanças climáticas sobre a zona costeira e na formação de recursos humanos ligados à pesquisa científica marinha.

A primeira missão científica a bordo do NPqHo Vital de Oliveira foi coordenada pelo pesquisador Moacyr Cunha de Araújo Filho, da Universidade Federal de Pernambuco. Os estudos foram feitos durante a travessia da embarcação entre Cape Town, na África do Sul, e Arraial do Cabo (RJ), que durou 18 dias. Foi estudada a estrutura termodinâmica da atmosfera e dos oceanos, nos deslocamentos de massa de água e sua influência na troca de gases e de calor entre o oceano e a atmosfera.



O nome Vital de Oliveira é uma homenagem ao patrono da hidrografia Manoel Antônio Vital de Oliveira, oficial da Marinha Brasileira que realizou os primeiros levantamentos hidrográficos do nosso litoral.

# Equipamento desenvolvido com apoio da Finep/MCTI detecta e trata câncer de pele

**A** pele é o órgão mais exposto do corpo humano. A ação do tempo e do sol sobre ela pode acarretar diversos problemas de saúde, inclusive o câncer de pele. Estimativas do Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (Inca) apontam que o Brasil registrou 576.800 novos casos da doença entre 2014 e 2015. O carcinoma da derme é o que mais aparece no país e no mundo. Por outro lado, o tratamento, quando iniciado precocemente, apresenta altos índices de cura.

É por isso que a Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (Finep/MCTI) investiu R\$2,3 milhões no desenvolvimento de um equipamento que ajuda a lidar com essa enfermidade. Totalmente nacional, batizado de Lince, o aparelho foi desenvolvido pela empresa de equipamentos médicos MM Optics, em parceria com o Instituto de Física de São Carlos (IFSC). É um sistema inovador, capaz de avaliar e tratar a doença no mesmo dia, evitando mutilações e procedimentos dolorosos ao paciente.

O equipamento utiliza a terapia fotodinâmica (TFD) para o tratamento do câncer de pele e fluorescência para evidenciar lesões.

Único no mundo a executar essas funções, o Lince foi autorizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), e o aparelho já está disponível no mercado a um custo médio de R\$13 mil.

A MM Optics e o Instituto de Física de São Carlos uniram-se ao Hospital Amaral Carvalho, em Jaú, referência no tratamento de câncer, para realizar testes em 150 pacientes. Os resultados apontaram índice de cura superior a 90%.

Em contrapartida ao financiamento da Finep/MCTI, foi criado ainda o programa Terapia Fotodinâmica Brasil, que envolve a doação de 100 Linces para centros médicos de todo o país, viabilizando assim o tratamento gratuito para cerca de 8.000 portadores de câncer de pele no período de um ano. Cidades de vários estados, tais como a própria Jaú, Niterói (RJ), Teresina (PI), Campinas (SP), Rondonópolis (MT), Salvador (BA), Presidente Prudente (SP), Santa Bárbara d'Oeste (SP) e São Carlos já estão utilizando o aparelho, tanto em unidades privadas de saúde quanto nas públicas, via Sistema Único de Saúde (SUS).



**Lince, único equipamento no mundo a avaliar e tratar câncer de pele, evitando mutilações e procedimentos dolorosos**

## Entenda o funcionamento do Lince

O processo é composto por duas fases: fonte de luz e medicamento. A fonte de luz contida no equipamento emprega elementos LED como emissores, tanto para o tratamento quanto para evidenciar a extensão do câncer. Um conjunto óptico de fonte de LED ultravioleta reconhece as lesões tumorais por meio da fluorescência. O tratamento pode começar poucas horas depois do diagnóstico da doença e ser feito no próprio consultório médico. Para isso, uma pomada que reage com a fonte de luz LED vermelha de alta potência é aplicada no paciente, gerando uma fotorreação que promoverá a morte das células cancerígenas.

Siga as ações do Ministério e as contribuições da ciência e da tecnologia para o desenvolvimento do Brasil. Acesse nosso site e nossas páginas nas redes sociais.



[twitter.com/MCTI](https://twitter.com/MCTI)

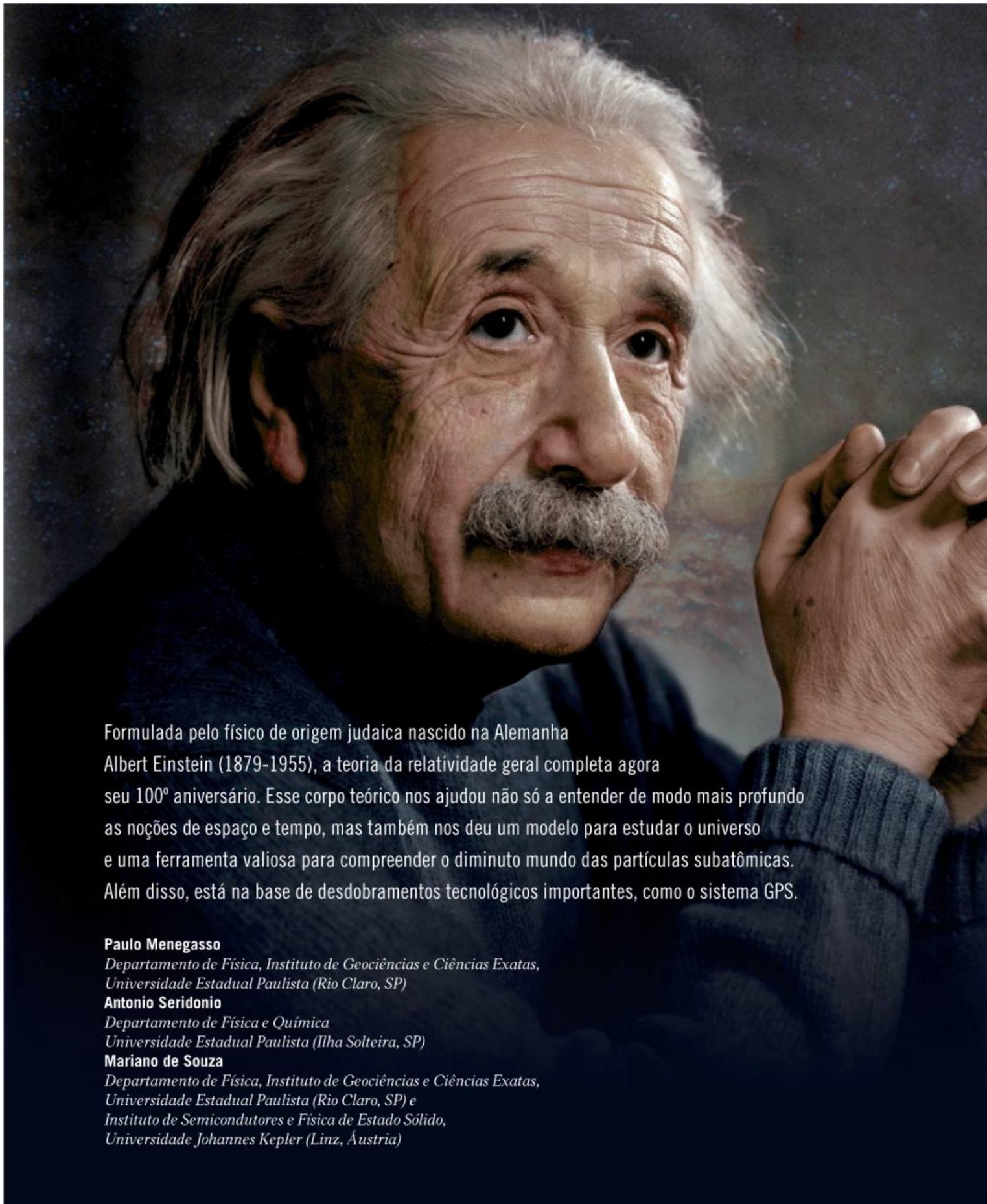


[facebook.com/SintonizeMCTI](https://facebook.com/SintonizeMCTI)

[www.mcti.gov.br](http://www.mcti.gov.br)

Ministério da  
Ciência, Tecnologia  
e Inovação

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA



Formulada pelo físico de origem judaica nascido na Alemanha Albert Einstein (1879-1955), a teoria da relatividade geral completa agora seu 100º aniversário. Esse corpo teórico nos ajudou não só a entender de modo mais profundo as noções de espaço e tempo, mas também nos deu um modelo para estudar o universo e uma ferramenta valiosa para compreender o diminuto mundo das partículas subatômicas. Além disso, está na base de desdobramentos tecnológicos importantes, como o sistema GPS.

**Paulo Menegasso**

*Departamento de Física, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (Rio Claro, SP)*

**Antonio Seridonio**

*Departamento de Física e Química, Universidade Estadual Paulista (Ilha Solteira, SP)*

**Mariano de Souza**

*Departamento de Física, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (Rio Claro, SP) e Instituto de Semicondutores e Física de Estado Sólido, Universidade Johannes Kepler (Linz, Áustria)*



2015 - ANO  
INTERNACIONAL  
DA LUZ

FOTO NASA

# A TEORIA DA RELATIVIDADE

*100 anos de uma nova  
maneira de ver o universo*

**N**o início do século passado, acreditava-se que tudo que houvesse para ser descoberto na física já havia sido explorado. Se ainda encontramos cientistas trabalhando com física hoje, isso se deve ao fato de que aquela conclusão estava equivocada.

Nesse contexto, o trabalho de Einstein foi fundamental para revigorar a física naquele início de século e fazê-la avançar. Em 1905, seu *Annus Mirabilis*, Einstein publicou cinco artigos que mudariam não só a face da física, mas também da ciência e da sociedade nas décadas seguintes. Dois

desses cinco artigos são hoje conhecidos como teoria da relatividade restrita (ou especial) e contribuíram fortemente para que se abrissem outras frentes de pesquisa na física.

**Onda ou corpúsculo?** Na natureza, existem duas manifestações distintas da matéria: corpuscular e ondulatória. A primeira, mais intuitiva, está associada a entidades físicas que transportam massa; a outra (não tão intuitiva) manifesta-se quando entidades se movem sem que haja transporte de massa. >>>

A ondulatória pode ser mais bem compreendida por meio de um exemplo: pense em uma pedra atirada na água. As ondulações formadas dão a impressão de que a água se afasta do ponto onde a pedra caiu. Mas, em realidade, a água se movimenta para cima e para baixo, transferindo a energia da pedra, mas sem se mover na direção desta última. Essa transferência de energia sem que a matéria seja transportada é chamada de onda.

No caso da água, é extremamente fácil observar a formação das ondas, enquanto, no caso da luz, é bem mais complicado. No século 17, estabeleceu-se uma grande divergência de interpretação nessa questão: o físico britânico Isaac Newton (1642-1726) acreditava que a luz era composta por partículas, enquanto o holandês Christiaan Huygens (1629-1695) defendia sua natureza ondulatória. Essa questão foi esclarecida no início do século 19, por meio do famoso experimento da dupla fenda, no qual ficou demonstrado que a luz se comporta como uma onda.

Em 1905, Einstein resolveria o problema do efeito fotoelétrico, que consiste na emissão de elétrons por uma superfície metálica atingida pela luz. Para dar uma explicação consistente desse fenômeno, o então jovem físico alemão mostrou que a luz deveria ter natureza corpuscular.

Esse impasse se estendeu pelas duas décadas seguintes, quando resultados teóricos e evidências experimentais mostraram a dupla natureza corpuscular-ondulatória da luz, a qual viaja segundo as propriedades das ondas, mas interage como uma partícula – tal partícula é hoje denominada fóton, que, sem massa, desloca-se com a velocidade da luz.

Além de sua natureza, outra questão importante sobre a luz é sua velocidade, questão também discutida por Einstein em 1905 e que veremos a seguir.

## A velocidade da luz

Você já deve ter ouvido a frase “Tudo é relativo”. Contudo, ela é incompleta. O correto seria: “Tudo é relativo, exceto a velocidade da luz”.

Pense na seguinte situação. Você está em um carro, viajando a 90 km/h, enquanto passa por você um segundo veículo, a 100 km/h. Segundo os conceitos de física básica, a velocidade relativa entre os dois veículos é 10 km/h, ou seja, se você estivesse parado e o segundo carro o ultrapassasse a 10 km/h, não haveria diferença alguma no movimento visto por alguém dentro dos carros.

Sabemos que a luz no vácuo viaja a cerca de 300 mil km/s – daqui em diante, será representada pela letra  $c$ . A luz é tão rápida que pode deslocar-se da Lua à Terra em cerca de 1 segundo.

Suponha que você está em uma nave espacial, viajando com velocidade correspondente à metade da velocidade da luz ( $c/2$ ). Passa por você um feixe luminoso, com velocidade  $c$ . Analogamente ao caso dos carros, você deveria ver a luz passando com velocidade  $c/2$ . Entretanto, isso não ocorre. Razão: uma pessoa, independentemente de sua velocidade, sempre observará a luz viajando com velocidade  $c$ .

Esse *Gedankenexperiment* (em alemão, experimento mental) nos leva ao principal postulado da teoria da relatividade: “A velocidade da luz é a mesma em qualquer sistema de referência inercial”. Em uma primeira leitura, esse postulado parece não afetar diretamente a mecânica (entenda-se, massa, distância, tempo, energia etc.) da maneira que a conhecemos. Entretanto, façamos a seguir um estudo mais detalhado.

**Corpos em movimento** Será que as propriedades de um objeto mudam quando ele está em movimento? A resposta mais intuitiva para essa pergunta é não. Afinal, os objetos que se movimentam ao nosso redor não mudam de forma, cor ou tamanho. Mas, segundo a teoria da relatividade, o tamanho e a massa de um objeto mudam conforme o objeto se desloca.

Contudo, antes de discutirmos esses pontos, vejamos como se comporta uma das grandezas mais fundamentais da física: o tempo.

Para esse nosso novo *Gedankenexperiment*, precisamos de um relógio especial, chamado relógio de luz.

Na teoria, ele é bem simples: trata-se de uma haste que contém, em cada uma das pontas, um espelho plano (figura 1A). Um feixe luminoso é aprisionado nesse relógio. O feixe luminoso leva exatamente



um segundo para percorrer a distância entre os dois espelhos. Suponha, agora, que a haste começa a se deslocar, com uma velocidade constante e perpendicular ao movimento do raio luminoso (figura 1B).

O que ocorre é que a distância que a luz deve agora percorrer é aumentada, mas sua velocidade permanece constante. Esse resultado é fascinante, pois mostra que a luz demora mais tempo (em nosso caso, mais de 1 segundo) para percorrer a distância entre os dois espelhos.

Uma consequência dessa dilatação temporal é a seguinte: se, de um ponto fixo (na superfície da Terra, por exemplo), fôssemos capazes de observar um relógio que está dentro de uma nave cuja velocidade é próxima à da luz, veríamos que os ponteiros daquele relógio se deslocariam muito mais lentamente do que os dos relógios na Terra.

Para objetos que se movimentam com velocidades próximas à da luz, ocorre também uma contração no tamanho desses corpos. Essencialmente, objetos muito rápidos tornam-se mais curtos. Quanto mais rapidamente um corpo se desloca em relação a um referencial, maior será a contração espacial observada nele por alguém que se encontra nesse referencial.

Tanto a dilatação do tempo quanto a contração espacial vão contra nossa intuição, se pensarmos nos fenômenos que observamos em nosso cotidiano.

A teoria da relatividade nos aponta outro aspecto de extrema importância: o espaço e o tempo não são grandezas físicas separadas. Ambos formam um uno indissociável denominado 'espaço-tempo'.

**A relatividade geral** Até agora, discutimos a relatividade especial, proposta por Einstein, em 1905. Entretanto, o cientista continuou seus estudos e, em 1915, há exatos 100 anos, publicou a teoria que mudaria completamente a maneira como vemos o mundo e, principalmente, o universo.

A teoria da relatividade geral associa os postulados da relatividade especial (por exemplo, a constância da velocidade da luz) com a gravitação. O resultado é uma teoria da gravitação que nos oferece uma nova forma de ver a interação entre corpos massivos, intimamente associada com o novo conceito de espaço-tempo.

A interpretação de Einstein é que o espaço pode ser deformado por massas muito grandes. Essa deformação favorece o movimento em uma determinada direção (por exemplo, ao redor do Sol).

Um experimento muito conhecido é esticar uma lona flexível e colocar sobre o centro dela uma massa (uma esfera de ferro ou chumbo, por exemplo). Agora, se pequenas bolas forem lançadas sobre essa lona, elas orbi-

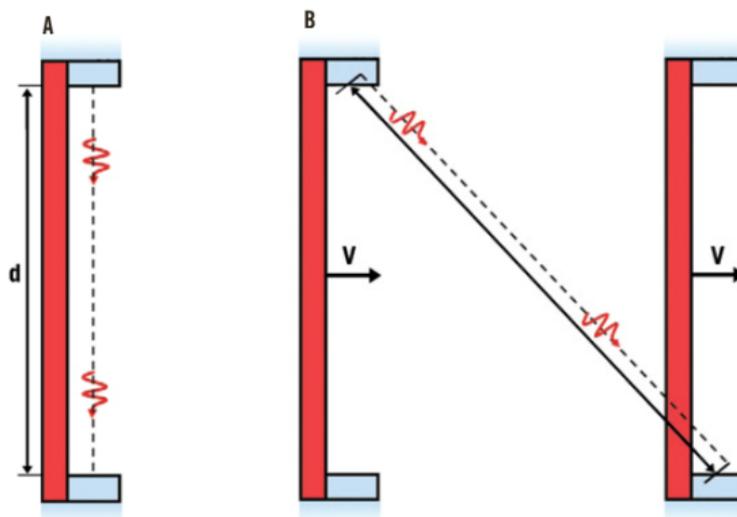


Figura 1. Em A, esquema do relógio de luz, no qual o tempo é contado quando a luz percorre uma distância  $d$ . Em B, relógio de luz movendo-se com uma velocidade constante  $v$ . Como a velocidade da luz permanece constante, o tempo necessário para percorrer  $d$  deve ser necessariamente maior. Ou seja, o tempo tem que passar mais lentamente

tarão a massa central. Em outras palavras, para a teoria geral da relatividade, a gravidade é simplesmente uma deformação no espaço-tempo causada por um objeto muito massivo.

Um caso extremo de objeto massivo são os buracos negros, cujas massas podem ser até bilhões de vezes maiores que a do Sol. A deformidade causada por esses corpos cósmicos é tal que surge, no espaço-tempo, uma singularidade, região na qual as leis da física – como as conhecemos – perdem a validade.

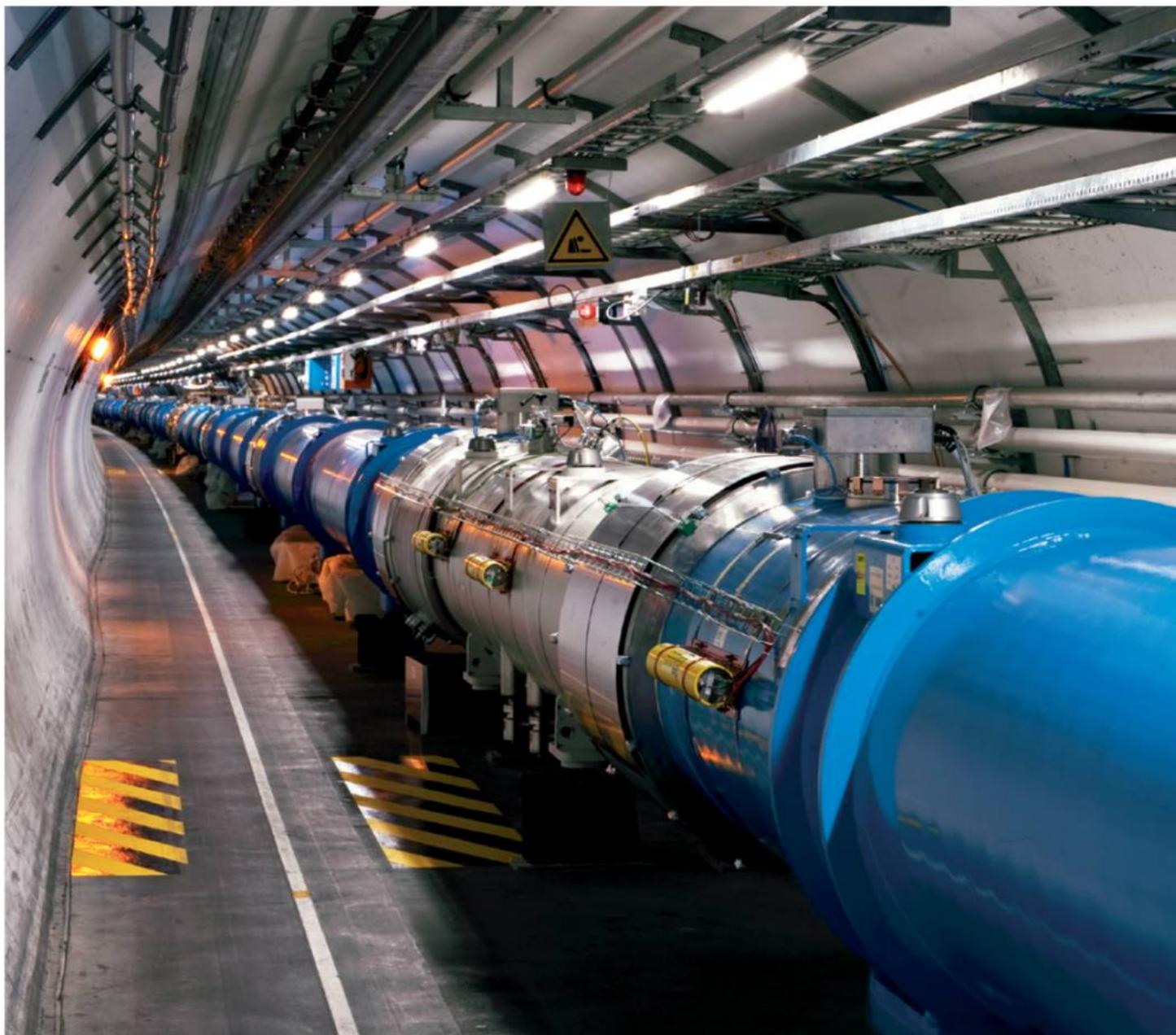
**Energia de repouso** Imagine que você deseja entortar uma barra de ferro. Em pouco tempo, notará que a tarefa não é nada trivial, pois muita força é requerida para isso. Em suma, uma grande quantidade de energia deve ser transferida para 'dobrar' a barra.

Podemos imaginar que uma energia infinitamente maior seria necessária para distorcer o próprio espaço-tempo. É fato que o Sol tem uma massa gigantesca (mais de 1 milhão de vezes a massa da Terra). Entretanto, sua velocidade, em relação ao centro do Sistema Solar, é pequena quando comparada à dos planetas. Portanto, sua energia cinética (ligada ao movimento) não deve ser absurdamente grande – na verdade, ela é comparável à da Terra.

Dito isso, como podemos afirmar que o Sol distorce o espaço-tempo?

Felizmente, a teoria da relatividade também nos explica isso. Todos os corpos, mesmo em repouso, têm uma energia gigantesca, que provém de suas próprias massas. Isso é dito por uma equação que, talvez, seja a mais famosa da história:  $E = mc^2$ , onde  $E$  representa a energia;  $m$ , a massa do corpo; e  $c$ , a velocidade da luz.

>>>



Note que, diferentemente da energia cinética, essa energia, que chamamos relativística, não depende do movimento – daí ser chamada energia de repouso. Para se ter uma ideia de quão grande é essa energia, uma pessoa tem cerca de  $10^{19}$  joules de energia relativística. Se toda essa energia fosse dissipada em 1 segundo, a potência resultante superaria a usina hidrelétrica de Itaipu em quase 1 bilhão de vezes.

Sendo assim, a energia relativística (ou energia de repouso do Sol) é muito maior que a da Terra e dos outros planetas do Sistema Solar, de forma que o espaço-tempo é distorcido próximo ao Sol, que é orbitado pelos planetas.

Vale lembrar que cada planeta também causa uma pequena distorção no espaço-tempo, o que explica a gravidade planetária.

**Comprovações experimentais** A teoria da relatividade (restrita e especial) é uma das mais bonitas (e não intuitivas) de toda a física. Entretanto, cabe uma pergunta muito relevante: visto que ainda não somos capazes de produzir naves que viajam com velocidade próxima à da luz, como comprovar se a teoria é correta?

Nestes últimos 100 anos, foram realizados vários experimentos para comprovar a teoria da relatividade – vale ressaltar que a teoria passou em todos esses testes. Em um deles, dois relógios de altíssima precisão foram sincronizados. Um dos relógios ficou em solo, enquanto o outro deu uma volta completa na Terra, a bordo de um avião, em alta velocidade. Quando os relógios foram comparados, o que viajou estava algumas frações de



Figura 2. Túnel do LHC, equipamento no qual as partículas são aceleradas. O ultravácuo no interior desse tubo circular, com circunferência de 27 km, é para evitar o choque das partículas aceleradas contra moléculas do ar

segundo atrasado em relação ao que havia permanecido em repouso, demonstrando, na prática, a dilatação do tempo.

O segundo experimento ocorreu ainda em 1919, durante um eclipse solar, observado na Ilha de Príncipe (costa ocidental da África) e na cidade de Sobral (Ceará). Durante esse fenômeno, mediu-se uma das previsões da teoria da relatividade geral: a luz (no caso das estrelas) sofre uma deflexão ao passar nas proximidades de um corpo (no caso, o Sol) de grande massa (e, portanto, dotado de grande campo gravitacional). Ainda em novembro daquele ano, depois da análise dos resultados, a teoria da relatividade geral foi dada como comprovada e passou a ser aceita como verdadeira pela maioria dos cientistas.

**Novas fronteiras** Uma vez que sabemos que a relatividade está correta, outra pergunta cabível é por que devemos nos preocupar em investigá-la se ainda não somos capazes de viajar com velocidades próximas à da luz? A verdade é que a relatividade, além de muito usada na astrofísica, tem papel muito importante na física de partículas.

É importante ter em mente que muita energia é necessária para acelerar uma nave a velocidades próximas à da luz. Porém, acelerar uma pequena partícula é relativamente simples – até os televisores antigos contavam com um acelerador de elétrons interno, no tubo de imagens, na extremidade oposta à tela. Hoje, há aceleradores de partículas espalhados ao redor do mundo (inclusive, no Brasil).

Mas por que acelerar partículas? A ideia é muito simples: se você quiser saber o que há dentro dos átomos e até no interior das partículas subatômicas (como prótons e nêutrons), o modo mais fácil é bombardeá-los com partículas muito energéticas (ou seja, altamente aceleradas).

Nesse sentido, o LHC (sigla, em inglês, para Grande Colisor de Hádrons) merece destaque devido à sua capacidade de acelerar prótons a velocidades próximas à da luz (99,999999% de  $c$ ). Essencialmente, o próton é acelerado em um caminho circular com 27 km de diâmetro e se choca com um núcleo ou um segundo próton, causando uma grande explosão na qual as partículas envolvidas na colisão ‘quebram-se’ em partículas menores (figura 2).

Com base nessa técnica, em 2013, o bóson de Higgs – partícula responsável por conferir a propriedade ‘massa’ a outras partículas – foi observado no LHC, e o Nobel de física daquele ano foi concedido aos físicos que previram teoricamente a existência dessa partícula ainda na década de 1960.

Nestes últimos 100 anos, a teoria da relatividade geral produziu muitos avanços científicos e tecnológicos – afinal, ela é a ‘alma’ do sistema GPS, por exemplo. O mesmo pode ser apontado pelas demais descobertas de Einstein, em seu *Annus Mirabilis*.

O que os próximos 100 anos de descobertas em física podem fazer pela sociedade ainda é relativo – como tudo, exceto a velocidade da luz. **CH**

## Sugestões para leitura

- P. TIPLER e G. MOSCA. *Física para cientistas e engenheiros*. Cidade: LTC, 5ª ed. (2006).
- D. HALLIDAY, R. RESNICK, J. WALKER. *Fundamentos de física*, Cidade: LTC, 9ª ed. (2012).
- A. PAIS. *Sutil é o Senhor*. Cidade: Saraiva, 1ª ed. (1995).

NA INTERNET

Vídeos: <http://bit.ly/1KHwz9n>

# RELATIVIDADE GERAL

*Uma janela  
centenária  
para os mistérios  
do universo*



2015 - ANO  
INTERNACIONAL  
DA LUZ

Com a teoria da relatividade geral, a mais cotidiana das interações fundamentais conhecidas, a gravidade, ganhou uma interpretação profunda. E até mesmo fantástica: esse fenômeno deixou de ser entendido como resultado de uma força e passou a ser visto como efeito colateral da geometria curva do universo.

Da 'criação', evolução e (ainda misteriosa) constituição do universo aos abismos de tempo e espaço escondidos no interior dos buracos negros, a relatividade geral transformou para sempre nossa visão da natureza.

Mesmo depois de um século, essa teoria continua a nos surpreender e a ser a única janela por onde podemos vislumbrar aspectos da natureza que ainda escapam aos maiores e mais avançados laboratórios terrestres.

**Daniel Vanzella**

*Instituto de Física de São Carlos,  
Universidade de São Paulo*

**E**m 1907 – dois anos depois de publicar cinco artigos que mudariam a face da física –, o jovem físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955) tomou para si a tarefa de encontrar uma nova teoria para a gravidade. A descrição da gravidade proposta cerca de 2,5 séculos antes pelo físico britânico Isaac Newton (1642-1727) se tornará inconsistente com o novo paradigma da relatividade introduzido por Einstein em 1905. Nessa busca de Einstein, podemos citar três principais marcos: i) a formulação do princípio de equivalência; ii) o surgimento da ideia de espaço-tempo; iii) a percepção de que esse espaço-tempo deveria ter uma geometria curva.

O princípio de equivalência de Einstein é uma reinterpretação de um fato bem conhecido na teoria de Newton: todos os objetos caem com a mesma aceleração sob a ação da gravidade, independentemente do quão pesados sejam.

>>>

Einstein percebeu que esse fato, sozinho, possibilitava interpretar a força da gravidade como uma força de inércia, um tipo de força cujo exemplo mais comum é a força centrífuga, aquela que tenta nos jogar para fora de um carro fazendo uma curva. Mesmo com efeitos bem reais sobre quem está no carro, essa força simplesmente deixa de existir quando se adota o ponto de vista de alguém parado em terra firme. Para esse observador, é a inércia – a tendência de os corpos manterem seu estado de movimento retilíneo com velocidade constante – a responsável por ‘jogar’ o ocupante para fora do carro.

Para entender o caso da gravidade, vamos recorrer – como gostava Einstein – a um experimento mental. Você acorda e se vê dentro do que parece ser um elevador. De repente, você é tomado por uma sensação de total ausência de peso. Seus pés mal tocam o chão, e seu celular, tendo escapado de sua mão, flutua a seu lado. A conclusão, embora terrível, parece inevitável: o elevador e tudo mais dentro dele estão em queda livre, sob a ação da gravidade.

Por mais alto que se encontrasse o elevador, logo essa agonia terá fim, pensa você. Mas o tempo passa sem que nada de trágico aconteça. Com isso, uma esperança surge em sua mente: “Estaria mesmo o elevador em queda livre? Eu não poderia estar... flutuando no espaço sideral, longe de qualquer planeta ou corpo capaz de provocar gravidade?”

Esse é exatamente o teor do princípio de equivalência de Einstein: é impossível distinguir a situação de queda livre em um campo gravitacional daquela de estar livre de qualquer força (ou seja, inercial) no espaço sem gravidade.

Com essa ideia – que Einstein qualificaria como “a mais feliz” de sua vida –, foi dado o primeiro passo em sua busca.

**Espaço-tempo** O segundo marco ficou por conta de um ex-professor de Einstein, o matemático alemão Hermann Minkowski (1864-1909), que percebeu, já em 1907, que os efeitos da relatividade poderiam ser mais bem compreendidos se tempo e espaço fossem considerados como meras facetas de um ente mais fundamental, um ‘espaço’ físico com quatro dimensões (ou direções independentes) no qual cada observador perceberia de maneira diferente, dependendo de seu movimento, como essas quatro dimensões se separam nas três espaciais (comprimento, altura e largura) e uma temporal que experimentamos com nossos sentidos.

Nascia, assim, o conceito de espaço-tempo.

Curiosamente, Einstein não percebeu de imediato a profundidade da contribuição de Minkowski. Para ele, a reformulação de sua teoria em termos de espaço-tempo não passava de uma curiosidade matemática, uma “erudição supérflua”. Ele só daria importância a essa ideia por volta de 1912, ao vislumbrar a possibilidade de descrever a gravidade por meio de um espaço-tempo que tivesse sua geometria distorcida, curvada pela presença de matéria e energia.

O cerne da nova teoria da gravidade estava estabelecido, mas três anos ainda se passariam até que a nova teoria tomasse sua forma final. Em 25 de novembro de 1915, Einstein chegaria às equações da gravidade que hoje levam seu nome.

**Geometria distorcida** Na tentativa de encontrar uma teoria da gravidade que fosse consistente com a relatividade de 1905, Einstein acabou por generalizar esta última, que ficou conhecida como teoria da relatividade restrita (ou especial) e é marcada por dois aspectos gerais: i) a velocidade da luz (300 mil km/s) é uma constante da natureza; ii) espaço e tempo deixaram de ser conceitos absolutos – eles, agora, dependiam do estado de movimento de cada observador.

Unindo todas as peças do quebra-cabeça, a teoria da relatividade geral, como foi chamada, aboliu o conceito de força gravitacional: agora, uma maçã solta no ar cai em

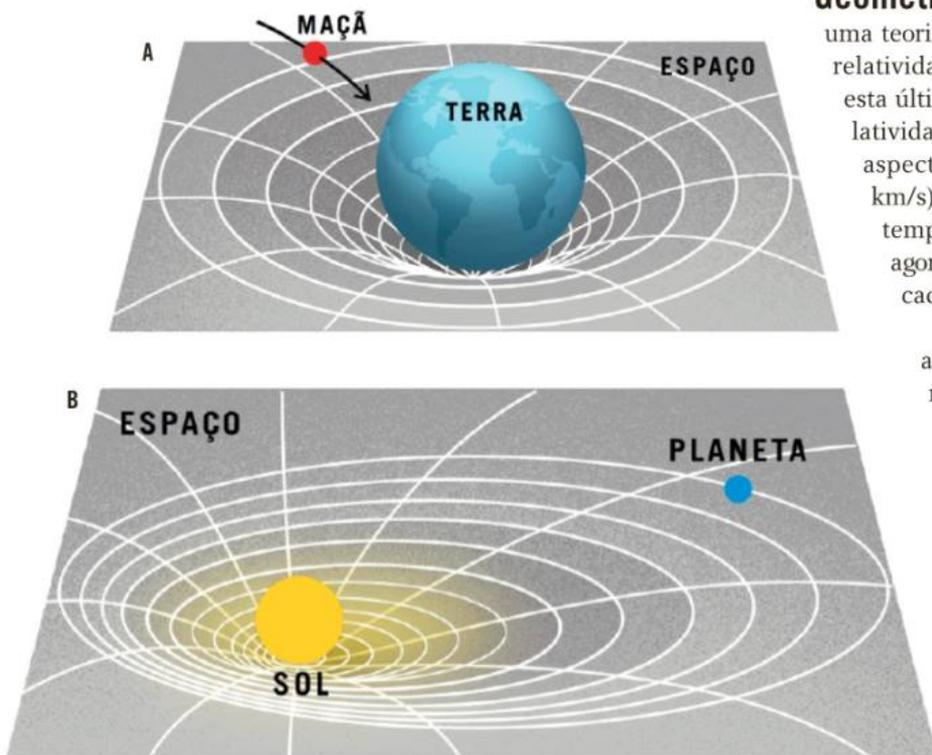


Figura 1. Em A, trajetória de queda de uma maçã na geometria do espaço distorcida pela massa da Terra. Em B, órbita dos planetas no espaço distorcido pela massa do Sol

direção ao chão não porque há uma força puxando-a para baixo, mas porque a trajetória de queda é a 'mais retilínea possível' na geometria do espaço-tempo distorcida pela massa da Terra.

Do mesmo modo, o Sol não mais exerce uma força sobre a Terra e os outros planetas; apenas deforma a geometria à sua volta, de modo que os planetas, livres da ação de qualquer força, ao percorrerem as trajetórias 'mais retilíneas possíveis' nessa geometria distorcida, acabam descrevendo as órbitas que observamos (figura 1).

Em consonância com o princípio de equivalência de Einstein, os referenciais em queda livre são os verdadeiros referenciais inerciais. Portanto, você, leitor(a), sentado(a) em sua cadeira ou em pé lendo estas linhas, está, mesmo parado(a), sendo acelerado(a) para cima – ou seja, sendo tirado(a) a todo instante da trajetória que seria inercial, como ocorre com o ocupante de um carro fazendo uma curva – pela única força que atua sobre você no momento: a de contato com a cadeira ou o chão (figura 2).

**Mercúrio e o desvio da luz** Essa nova maneira de entender a gravidade levou a consequências imediatas. A primeira delas foi a explicação de uma anomalia na órbita de Mercúrio. Sabia-se, desde o século 19, que o ponto de máxima aproximação entre esse planeta e o Sol (periélio) mudava ligeiramente a cada volta, de um tanto que não podia ser completamente explicado pela gravitação de Newton.

Einstein verificou que a teoria da relatividade geral dava resultados muito parecidos com os da gravitação de Newton quando os campos gravitacionais eram fracos. Mas a diferença entre as duas teorias se acentuava à medida que o campo gravitacional fosse mais intenso – por exemplo, nas mediações do Sol. E essa diferença explicava satisfatoriamente a anomalia da órbita de Mercúrio.

A relatividade geral já nascia com um fato empírico a seu favor.

Outra consequência imediata da teoria: o desvio de raios de luz por campos gravitacionais. Como a gravidade é apenas um efeito colateral da curvatura do espaço-tempo – sobre o qual tudo se propaga, inclusive a luz –, era inevitável que a trajetória dos raios luminosos também fosse afetada, ou seja, encurvada.

Einstein calculou qual seria o desvio de um raio de luz, vindo de uma estrela distante, ao passar rasante ao Sol, o que levaria a uma mudança na posição aparente dessa estrela quando vista da Terra (figura 3). Em 29 de maio de 1919, duas expedições científicas britânicas, uma enviada a Sobral, no Ceará, e outra à Ilha do Príncipe, na costa africana ocidental, fotografaram o céu na direção do Sol durante um eclipse total, de modo



Figura 2. Como o ocupante de um carro fazendo uma curva, desviado a todo instante da trajetória retilínea, um corpo parado sobre a superfície da Terra está sendo acelerado para cima pela única força que atua sobre ele: a de contato com a superfície

que as estrelas de fundo pudessem ser vistas.

Comparando com registros dessas mesmas estrelas de outra época do ano – quando o Sol não estava entre elas e nós –, a diferença entre a posição real e a posição aparente dessas estrelas pôde ser medida.

E, assim, a previsão feita por Einstein quase quatro anos antes foi confirmada.

**Energia e matéria escuras** As implicações mais importantes da relatividade geral, no entanto, vão muito além de pequenos efeitos na Terra ou no Sistema Solar. A teoria mudou dramaticamente a maneira como vemos o universo. Logo em 1917, Einstein percebeu que sua teoria não favorecia a ideia de que o universo fosse estático: ele deveria estar ou se expandindo, ou se contraindo, de modo que, no passado, deveria ter sido bem diferente do que é hoje – possivelmente, tendo até tido um início.

Era a primeira vez que essa questão podia ser abordada de uma maneira científica. Einstein não era imune aos preconceitos de sua época e resolveu modificar sua teoria, introduzindo nela a chamada constante cosmológica, para que as equações se conformassem com um universo estático e eterno. No entanto, observações do final da década de 1920 mostraram que as galáxias estavam se afastando umas das outras, ou seja, o universo estava, de fato, em expansão. Einstein classificou a constante cosmológica como “o maior erro” de sua vida.

Hoje, sabemos que o universo – cuja idade é de 13,8 bilhões de anos – não só está se expandindo, mas que faz isso, nos últimos 6 bilhões de anos, de forma acelerada. Interpretado à luz da relatividade geral, isso significa que cerca de 70% da energia do universo está em uma forma exótica. Denominada energia escura – pois não pode ser ‘vista’ –, ela é diferente de qualquer coisa que já detectamos nos mais avançados laboratórios de física da Terra.

Algo semelhante ocorre com outros 25% da energia do universo: a chamada matéria escura só pode ser detectada por seus efeitos gravitacionais sobre outros corpos. Portanto, tudo o que vemos ao nosso redor e no cosmo (galáxias, estrelas, planetas, humanos, bactérias etc.) corresponde a apenas 5% do conteúdo de energia do universo.

>>>

Portanto, a relatividade geral é, até o momento, a única ferramenta que nos permite vislumbrar 95% dos constituintes da natureza.

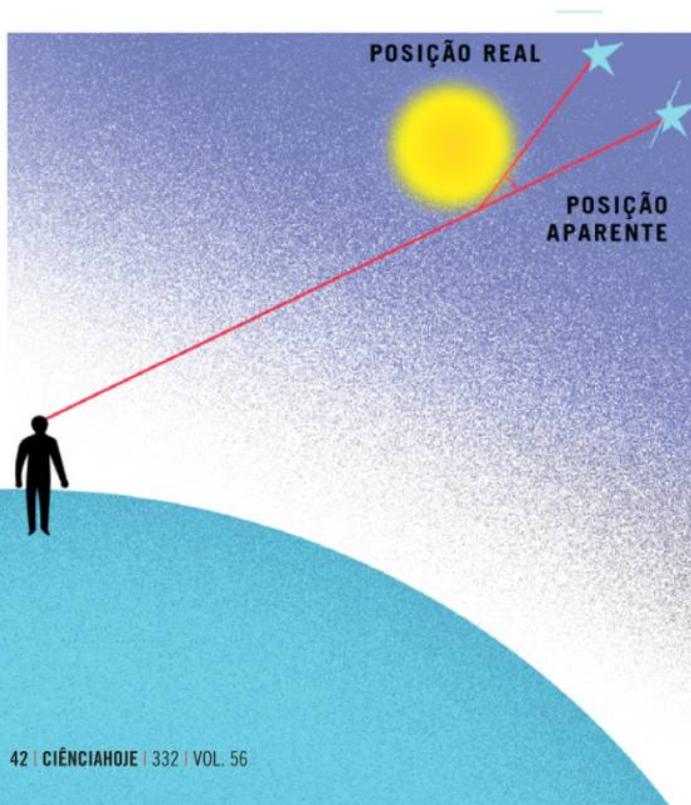
**0 mais antigo dos mistérios** Apesar de tudo o que a relatividade geral possibilitou que apreendêssemos sobre o universo em grandes escalas, é no contexto estelar que surge sua consequência mais fantástica.

Quando a 'morte' chega para uma estrela que tem cerca de 10 vezes ou mais a massa do Sol, seu núcleo 'implode' (colapsa sob sua própria gravidade), gerando uma grande explosão, denominada supernova. Se a massa do objeto remanescente desse processo de 'morte estelar' for maior do que cerca de três massas solares, então nada é capaz de impedir que toda essa matéria continue colapsando indefinidamente, até se concentrar em uma região de volume efetivamente nulo! Surge assim uma singularidade.

A curvatura provocada por essa singularidade no espaço-tempo é tão grande que qualquer coisa que se aproxime muito dela (inclusive a luz) é inevitavelmente traçada em sua direção. Essa região em torno da singularidade – de onde nem mesmo a luz consegue escapar – é chamada de buraco negro.

No centro de nossa galáxia, há um forte candidato a buraco negro, com cerca de 4,1 milhões de massas solares. Hoje, acredita-se que a maioria das galáxias tem um buraco negro gigante em seu centro – alguns com até bilhões de massas solares.

Figura 3. Os raios de luz vindos de uma estrela sofrem um desvio nas proximidades de um campo gravitacional intenso (no caso, o Sol). Essa alteração na trajetória da luz faz com que a estrela seja vista em uma posição aparente e não em sua posição real



Embora o próprio Einstein aparentemente nunca tenha aceitado a existência desses objetos exóticos (frutos de sua própria teoria), hoje é inconcebível acomodar todas as observações astronômicas sem fazer uso da existência de buracos negros.

Entender as singularidades escondidas em seu interior é uma questão que tem frustrado gerações. No escopo da relatividade geral, as singularidades são como 'bordas' do espaço-tempo, o 'fim da linha' para quem, ou o que se dirigir a elas. Na singularidade, as leis da física, como as conhecemos, perdem o sentido.

Acredita-se que, há cerca de 13,8 bilhões de anos, uma singularidade tenha sido o ponto de partida para a subsequente expansão do universo. Portanto, guardada no interior dos buracos negros, pode estar a chave para o mais antigo dos mistérios: a origem do universo.

**Novo paradigma?** Cem anos depois de sua formulação, há quem defenda que a relatividade geral tenha que ser substituída por uma versão que se adeque ao paradigma introduzido pela física quântica, teoria que lida com o diminuto universo atômico e subatômico e que, ao lado da relatividade geral, é um dos pilares da física contemporânea.

Ou, talvez, as duas teorias tenham que ser reformuladas.

O fato é que a busca por essa teoria da 'gravidade quântica' – que, alguns acreditam, possibilitará entender as singularidades – tem frustrado os mais brilhantes físicos teóricos de cada geração – inclusive Einstein.

Assim, não será uma grande surpresa se a relatividade geral completar seu segundo centenário tão em forma quanto completa o primeiro. E, independentemente do que venha a ocorrer, é quase certo que continuará sendo uma valiosa ferramenta na exploração do universo. **GH**

## Sugestões para leitura

- BERTRAND, R. *ABC da relatividade*. Rio de Janeiro: Zahar, 2005.
- MATSAS, G. e VANZELLA, D. *Buracos negros: rompendo os limites da ficção*. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2008.
- MATSAS, G. e VANZELLA, D. 'Partículas elementares à luz dos buracos negros'. *Ciência Hoje* v. 31, n. 182, pp. 28-33 (2002).
- SINGH, S. *Big Bang*. Rio de Janeiro: Record, 2006.
- THORNE, K.S. *Black holes and time warps*. New York: W.W Norton & Company, 1994.
- VIEIRA, C. L. *Einstein, o reformulador do universo*. São Paulo: Odysseus, 2003.
- WOLFSON, R. *Simplesmente Einstein: a Relatividade desmistificada*. Rio de Janeiro: editora Globo, 2005.

FOTO: CICERO RODRIGUES



*Talvez estejamos testemunhando em tempo real o processo evolutivo propriamente dito.*

*Os tumores de hoje talvez sejam as células de tecidos normais de indivíduos de novas espécies que surgirão no futuro*

**FRANKLIN RUMJANEK**

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

# METÁSTASE E EVOLUÇÃO

A despeito do longo e intenso esforço de cientistas em todo o mundo, o câncer ainda representa um grande desafio para a medicina. Milhões de dólares já foram e ainda são investidos na pesquisa sobre o câncer na esperança de que a melhor compreensão sobre o funcionamento dessas células desgarradas possa sugerir estratégias para o seu controle. Atualmente, a cirurgia, a quimioterapia e a radioterapia são os métodos mais comuns de tratamento, mas todos são ainda muito agressivos e, de certo modo, limitados em sua eficácia. A cirurgia, por exemplo, só é viável quando os tumores estão localizados em uma região bem delimitada, que permita sua extirpação integral. A quimioterapia e a radioterapia têm a grande vantagem de não distinguirem células tumorais das normais, o que fica claro naqueles pacientes que sofrem com efeitos colaterais severos (queda de cabelo, náusea intensa e profundo mal-estar).

O grande desafio no tratamento do câncer é a metástase, isto é, a disseminação das células tumorais, que deixam o tumor primário e colonizam tecidos distantes, criando novos focos da doença. É a metástase que, em última análise, mata, pois acaba comprometendo vários órgãos ao mesmo tempo. Não surpreende, portanto, que mais de 90% das mortes por câncer se devam à metástase.

Afora essa descrição bastante sombria e desalentadora do câncer, a essência fisiológica da célula tumoral apresenta-se, para o pesquisador interessado no tema, como um fascinante mistério, que tange praticamente todas as especialidades das ciências biomédicas. As perguntas que cercam esse enigma são: por que alguns tumores têm alta probabilidade de formar metástases, enquanto outros quase nunca o fazem? Por que alguns tipos de tumor têm atração (tropismo) por certos tecidos? De que maneira as células metastáticas sobrevivem ao estresse gerado dentro do próprio tumor primário (redução do oxigênio e escassez de nutrientes)? Que mecanismos são usados pelas células metastáticas para invadir os tecidos? De que modo as células metastáticas evadem o

controle exercido pelo sistema imune? Respostas parciais têm sido obtidas. Mas, em geral, quanto mais as células metastáticas são estudadas, mais interessantes ficam.

Em estudo publicado recentemente na revista *Nature* (28/10/2015, *on-line*), Hoshino e colaboradores mostraram que, antes de as células tumorais se dissociarem do tumor primário, elas liberam na circulação sanguínea e/ou linfática pequenos fragmentos das suas próprias membranas, os chamados exossomas, que agem como se estabelecessem o caminho a ser seguido pelas futuras células metastáticas em direção aos tecidos que elas oportunamente invadirão. No entanto, ainda não se sabe quais são os mecanismos usados pelos exossomas para informar às células metastáticas o itinerário de sua viagem iminente.

Outro trabalho também publicado na *Nature* (4/11/2015, *on-line*), assinado por Oswald e colaboradores, revelou um aspecto intrigante de células tumorais de astrocitomas (que causam tumor de cérebro). Elas têm a capacidade de projetar longas extensões de suas membranas citoplasmáticas, formando microtubos que infiltram o tecido normal do cérebro. Estes então transmitem informações químicas e até núcleos celulares a células cerebrais normais, determinando, assim, as rotas para a invasão do órgão. Curiosamente, os autores mostraram também que somente as células que logravam estabelecer contato com as outras por meio da rede formada pelos microtubos se tornavam resistentes à radioterapia.

Como parte das conclusões mais gerais, os autores sugeriram que os tumores se comportam como órgãos complexos e, para se transformar em metastáticas, as células parecem sequestrar mecanismos altamente coordenados semelhantes àqueles que ocorrem durante o desenvolvimento embrionário normal. Levando em conta essa visão, é inescapável a percepção de que talvez estejamos testemunhando em tempo real o processo evolutivo propriamente dito. Os tumores de hoje talvez sejam as células de tecidos normais de indivíduos de novas espécies que surgirão no futuro. 

# Auxílio no diagnóstico da depressão

EXAME DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA AJUDA A PREVER RISCO DE APRESENTAR NOVO EPISÓDIO EM PESSOAS QUE JÁ SOFRERAM COM O TRANSTORNO

A depressão – transtorno do humor de origem neurológica, cujos sintomas incluem tristeza profunda, falta de motivação e apetite, desânimo frequente e distúrbios do sono, entre outros – já é a quarta causa de incapacitação no planeta e, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), 15% da população mundial sofrerão com o problema em pelo menos um momento de suas vidas. As pessoas que apresentaram um episódio do transtorno têm entre três e seis vezes mais chances de uma recaída. Mas como saber se e quando isso vai acontecer?

Em trabalho conjunto, pesquisadores do King's College London, da Universidade de Manchester (ambos da Inglaterra) e do Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino (IDOR, no Brasil) mostraram que é possível estimar o risco de um novo episódio depressivo a partir de imagens de ressonância magnética funcional, em que os pacientes interagem durante o exame. Das 64 pessoas estudadas – que haviam tido depressão, mas não apresentavam mais sintomas –, os cientistas conseguiram prever

com 75% de acerto aquelas que viriam a ter recaída.

Durante o exame, os voluntários tiveram que imaginar situações em que causassem sofrimento a seres queridos. Segundo os relatos dos pacientes, essa simulação provocou sentimento de culpa, vergonha e raiva de si mesmos. Após acompanhamento clínico e psiquiátrico por 14 meses, 27 apresentaram uma recaída. A análise das imagens e o uso de algoritmos computacionais permitiram concluir que havia uma conexão maior entre o córtex temporal anterior e a região subgenual do cérebro naquelas pessoas que apresentaram um novo episódio depressivo. Os resultados, publicados no *JAMA Psychiatry* de 7 de outubro, podem orientar médicos a prosseguir ou não com o tratamento.

Segundo um dos autores, o neurologista Jorge Moll, do IDOR, é a primeira vez que se acena com a possibilidade de se prever uma recaída em pacientes livres de sintomas, com base no funcionamento de circuitos cerebrais.



FOTO IDOR

# Plástico biodegradável

TÉCNICA PERMITE OBTER EM MINUTOS, E SEM ADITIVOS TÓXICOS, PELÍCULAS FINAS E TRANSPARENTES A PARTIR DE PRODUTOS DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

O acúmulo de lixo plástico é um sério problema ambiental que se agrava a cada dia: só no Brasil, são produzidos em torno de 2,7 milhões de toneladas de lixo plástico por ano. Uma vez que a reciclagem ainda é muito tímida por aqui (apenas 3% dos resíduos desse tipo são reaproveitados no país), a solução pode estar no início do processo:

a produção de um plástico biodegradável. Foi com esse propósito que a Embrapa Instrumentação (SP) desenvolveu películas finas de alta transparência a partir de substâncias naturais, como amido e colágeno, provenientes da agroindústria brasileira.

Similar aos filmes de PVC (policloreto de vinila, um dos plásticos mais comuns), o

novo material 'verde' pode ser usado na fabricação, em larga escala, de sacos e sacolas, ou de embalagens de alimentos, como biscoitos, chocolates e balas, entre outros. A técnica, batizada de 'casting contínuo' e desenvolvida sob a coordenação de Luiz Mattoso no Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio da instituição, permite produzir folhas de plástico biodegradável em menos de 10 minutos, enquanto o processo convencional leva no mínimo 24 horas e requer o uso de aditivos químicos. O método consiste no preparo de formulações à base de água e tem baixo gasto de energia. Além disso, a algumas películas é acrescentada uma

## Quando não há mais esperança

ESTUDO APONTA FATORES DE RISCO PARA O SUICÍDIO E TRAÇA UM PANORAMA DO PROBLEMA NO PAÍS

O suicídio é um ato pouco comentado nos meios de comunicação – praticamente um tabu. Até as autoridades de saúde desaconselham falar publicamente sobre ele, não fornecendo dados sobre sua real incidência no país. Agora, um levantamento feito pelo psiquiatra Rafael Moreno de Araújo durante seu mestrado na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) vem adicionar uma peça nesse quebra-cabeça encoberto e que pode ser considerado um problema de saúde pública.

Segundo dados colhidos pelo pesquisador por meio de entrevistas com 48.569 voluntários com mais de 18 anos, realizadas no sítio [www.temperamento.com.br](http://www.temperamento.com.br) de novembro de 2010 a julho de 2011, mais de 60% das pessoas disseram já ter pensado em se matar e 6,8% afirmaram ter atentado contra a própria vida pelo menos uma vez (sendo 64% delas sem tê-lo planejado). O estudo, do qual também participaram o neuro-

cientista Diogo Lara, orientador de Moreno, o psiquiatra Leonardo Mazochi e o estudante Gustavo Ottoni, foi publicado no *Journal of Clinical Psychiatry* em março, mas foi pouco divulgado na imprensa brasileira.

A pesquisa revelou que entre as pessoas que apresentam maior risco de se suicidar estão as mulheres: elas tentam duas vezes mais que os homens. Os principais fatores de risco são a baixa escolaridade, a impulsividade, a religião – ou a falta dela, em alguns casos – e o estado civil, que interfere de forma diferente em homens e mulheres: homens solteiros e mulheres divorciadas e casadas pela segunda vez tentam mais o suicídio. Pessoas que têm na família alguém que já tentou ou conseguiu se matar têm três vezes mais chances de se suicidar. O risco é oito e 16 vezes maior para aqueles que têm dois e três parentes nessa situação, respectivamente.

Para Diogo Lara, o estudo permitiu validar o uso da internet como

método de pesquisa em tentativas de suicídio. “Como o tema é tabu e os voluntários puderam falar anonimamente, em vez de estar cara a cara com um entrevistador, o resultado está mais próximo da verdade”, observa. Ele destaca um resultado que chamou a atenção da equipe: o fato de as tentativas de tirar a vida terem sido feitas de forma impulsiva, sem dar alarme prévio. “Essa pode ser uma das razões que explicariam por que é tão difícil prevenir o suicídio. Por isso, é tão importante tratar as pessoas nas quais se identifica um potencial suicida, geralmente aquelas que sofreram traumas emocionais em algum momento de suas vidas.”

Atualmente, os pesquisadores estão trabalhando com o sítio [www.codigodamente.com](http://www.codigodamente.com), que oferece uma espécie de ‘autoterapia’ eficaz para os que não querem procurar um profissional, seja por exposição, estigma, falta de dinheiro, ou outros motivos.

argila comestível de dimensões nanométricas (mil vezes menores que a cabeça de um alfinete) para expandir a resistência mecânica desses bioplásticos.

Segundo o engenheiro de alimentos Francys Moreira, pós-doutorando da Embrapa, podem ser usados, na fabricação do material, amidos de milho e mandioca, derivados de celulose, subprodutos do beneficiamento de frutas, assim como colágenos, proteínas ou polissacarídeos como a quitosana – antimicrobiano natural encontrado no esqueleto de frutos do mar.

**A película biodegradável pode ser usada na produção de sacolas e filmes plásticos**

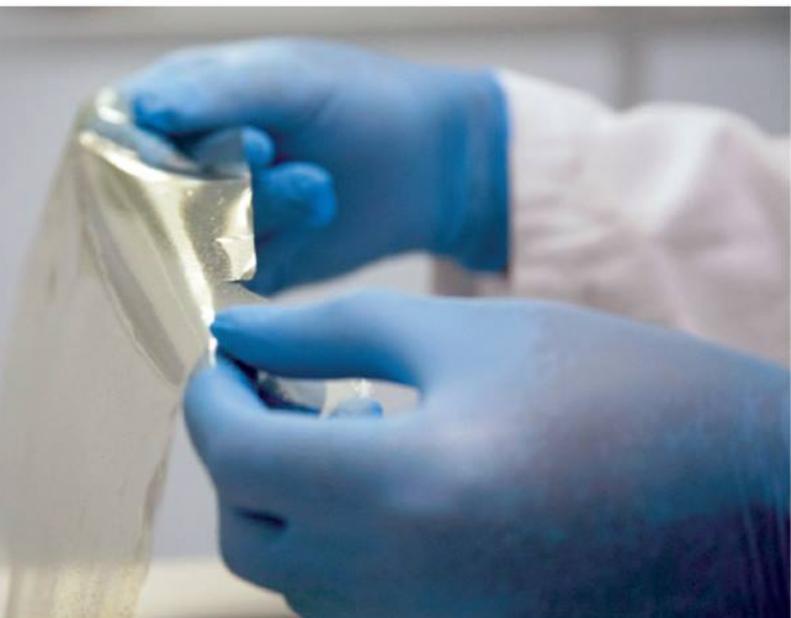


FOTO: VANESSA LOPES

## Amigos inseparáveis

PESQUISADORES BRASILEIROS DESCREVEM PELA PRIMEIRA VEZ CASO DE SIMBIOSE ENTRE ABELHA E FUNGO

Um tipo de abelha brasileira sem ferrão conhecida como mandaguari (*Scaptotrigona depilis*) cultiva um fungo do gênero *Monascus* (Ascomycotina) – e se alimenta dele – para sobreviver. Relação semelhante já havia sido observada em formigas e cupins. Mas esta é a primeira vez que um caso de simbiose (associação em que os dois seres vivos são beneficiados) é descrito entre uma abelha e um fungo. A descoberta, feita por pesquisadores de diversas instituições do país, foi publicada na revista *Current Biology* de 2 de novembro.

Segundo os autores, os ninhos de insetos sociais oferecem condições favoráveis e uma

rica fonte de alimento para diversos micro-organismos. Estes, por sua vez, fornecem a seus hospedeiros vários benefícios, como nutrientes e proteção contra patógenos (agentes que causam doenças).

Vinculados à Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa Meio Ambiente, Universidade de São Paulo, em Ribeirão Preto, Universidade Estadual de Campinas e ao Instituto Tecnológico Vale, os pesquisadores descrevem no artigo o primeiro caso de relação obrigatória – em que um depende do outro – entre uma abelha e um fungo: as larvas do inseto se alimentam do fungo que cresce na colônia. Além disso, verificaram que há,

no alimento larval, compostos com ação antibiótica.

O coordenador do estudo, Cristiano Menezes, da Embrapa Amazônia Oriental (Pará), ressalta a importância de se manter a relação simbiótica: “Essa associação é relevante tanto para as larvas das abelhas, que precisam crescer, quanto para os seres humanos, que dependem de alimentos que esses insetos polinizam”. Ele adverte ainda que muitos fungicidas e bactericidas que não afetam as abelhas diretamente podem causar efeitos graves se atingirem os fungos das colônias e, conseqüentemente, as próprias abelhas.

## Dengue: custo alto

LEVANTAMENTO EM SEIS CAPITAIS BRASILEIRAS MOSTRA IMPACTO FINANCEIRO DA DOENÇA PARA O PAÍS

Um estudo com 2 mil pacientes com dengue, atendidos nas redes pública e privada de saúde de seis capitais brasileiras, revela grande impacto financeiro para o país: os custos da doença – que só até 12 de setembro deste ano registrou mais de 1,4 milhão de casos, com 709 mortes – podem chegar a US\$ 1,2 bilhão (cerca de R\$ 4,7 bilhões) por ano. A pesquisa, coordenada pelo Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães, da Fundação Oswaldo Cruz em Pernambuco, e pela Universidade de Pernambuco (Unifavip), com o apoio da Sanofi Pasteur, foi publicada na revista *Plos* de 24 de setembro.

Os pesquisadores avaliaram 2.035 pacientes, atendidos em ambulatórios ou hospitais públicos e privados das cidades de Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Goiânia, Recife, Teresina e Belém, entre setembro de 2012 e agosto de 2013, sob dois aspectos: o impacto

econômico na sociedade e no Sistema Único de Saúde (SUS).

Segundo os autores do estudo, se considerados os casos subnotificados – dois ou três não reportados para cada registro –, os custos para a sociedade são de US\$ 468 milhões, podendo chegar a US\$ 1,2 bilhão por ano. Estão incluídos nessa conta os gastos diretos, com médicos (medicamentos, exames, consultas etc.) e despesas não médicas (transporte, alimentação do paciente etc.), além dos gastos indiretos (faltas ao trabalho e à escola, queda na produtividade etc.).

Os custos para o SUS também são altos (US\$ 164 milhões) e podem chegar aos US\$ 447 milhões, se levados em conta os casos não reportados. A maioria dos gastos do SUS foram com consultas médicas (42%) e testes de laboratório (35%).





As larvas depositadas pelas abelhas nas células de cria precisam do fungo que cresce nessas células para sobreviver

## De volta ao lar

BUGIOS, DESAPARECIDOS HÁ MAIS DE 100 ANOS, SÃO REINTRODUZIDOS NO PARQUE NACIONAL DA TIJUCA

Considerada extinta localmente há mais de 100 anos na floresta da Tijuca, no Rio de Janeiro (RJ), a espécie bugio ruivo (*Alouatta guariba*) foi reintroduzida em setembro último no parque nacional mais visitado do país por pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Quatro indivíduos da espécie, provenientes de cativeiros, foram liberados, após vários meses de cuidados veterinários, formação de grupo e aclimação com a floresta. Uma semana após a soltura, os macacos estavam bem e alimentando-se adequadamente. Não houve problema nem mesmo com os macacos-prego, considerados mais agressivos. Antes

da liberação, um quinto bugio, entretanto, expulso pelo macho dominante do grupo, teve que ser retirado pela equipe da UFRJ para evitar que morresse.

Conhecidos pelos sons que emitem e que podem ser ouvidos a quilômetros de distância, os bugios costumam andar em grupo na floresta. Muitas das áreas protegidas no Brasil não contam mais com fauna de médio e grande porte, importante para a manutenção dos processos ecológicos nos ecossistemas e, portanto, para a própria vegetação das florestas. Os bugios, que se alimentam principalmente de folhas (folívoros), contribuem para a ciclagem de nutrientes para o solo, por meio de

sua interação com os besouros rola-bostas, que utilizam suas fezes. Já outra espécie reintroduzida anteriormente no Parque Nacional da Tijuca, a cutia (*Dasyprocta leporina*), é fundamental para a dispersão de sementes de grandes árvores que compõem a floresta.

Para poder monitorar os animais, os pesquisadores colocaram radiotransmissores em colares nas fêmeas e em tornozeleiras nos machos. “Dessa forma, podemos verificar onde estão na mata e como interagem entre si e com outras espécies”, diz o biólogo Fernando Fernandez, líder da equipe. A reintrodução dos bugios contou com o apoio da Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza.



# O PIOR E O MELHOR DE NÓS

Com uma perspectiva filosófica, filme *Unity* critica a aparente neutralidade científica e se debruça sobre o potencial humano

**LANÇADO ESTE ANO**, o filme *Unity* (Unidade) ficou muito pouco tempo em cartaz no Rio de Janeiro, exclusivamente no Odeon, uma sala clássica porém pouco visitada hoje na Cinelândia – berço, como o nome indica, do cinema carioca. As sessões ficaram vazias, bem vazias, não havia quase ninguém. Entrou em cartaz e saiu quase despercebido. Ignorado pela crítica dos jornais, inclusive. Uma pena.

Pelo narrado acima, pode parecer que o filme é ruim ou é daqueles que agradam apenas aficionados, alguns raros entendidos, um público especialmente culto, *cult*, enfim. Ou ainda, que se trata de alguma temática marginal, de pouca importância.

Pois é exatamente o contrário: a película é ótima, poderia ou deveria agradar ou despertar o público geral, e a relevância da abordagem é central e manifesta.

*Unity* não é propriamente uma produção sobre a ciência, ao menos no que se convencionou chamar de ‘ciências duras’ (também denominadas ‘naturais’ ou ‘empíricas’). Tendo um tom eminentemente filosófico, ético, a crítica presente no filme está na aparente, embora já muito desmascarada, neutralidade científica e na confiança desmedida de que o futuro, um bom futuro, será garantido pela tecnologia.

Trata-se de uma narrativa analítica, com jeito de documentário, costurada pela voz de uma centena de ‘narradores celebridades’, como Ben Kingsley, Jennifer Aniston, Martin Sheen, Olivia Wilde, Geoffrey Rush

e Anjelica Huston. O grupo foi reunido por afinidade, embora com variações, pelo conteúdo que identifica o trabalho. A exposição, multifacetada e de caráter aberto, com a qual ensaja que diferentes espectadores vejam e se vejam por uma mesma tela, partilhando uma linguagem, promovendo uma identidade na plateia, é dada pelos questionamentos trazidos. A ‘unidade’ começa aí: no incômodo com os fatos, nas perguntas e no compromisso com as respostas.

**TRILOGIA INTEGRADA** Escrito e dirigido por Shaun Monson, *Unity* é dos mesmos produtores do celebrado *Earthlings* (*Terráqueos*). E segue na mesma linha temática. *Unity*, elaborado ao longo de sete anos, é o segundo filme de uma trilogia, criada pela Nation Earth, que será concluída, em 2020, por *Beings* (*Seres*). Dito de forma simplificada, cada documentário tem um foco que não significa a exclusão dos demais; muito pelo contrário, pressupõe e realiza uma compreensão integrada. A problematização acontece a partir da tríade humanidade (*humankind*), animais (*animals*) e natureza (*nature*, dimensão que aparece também retratada pela palavra *tree*).

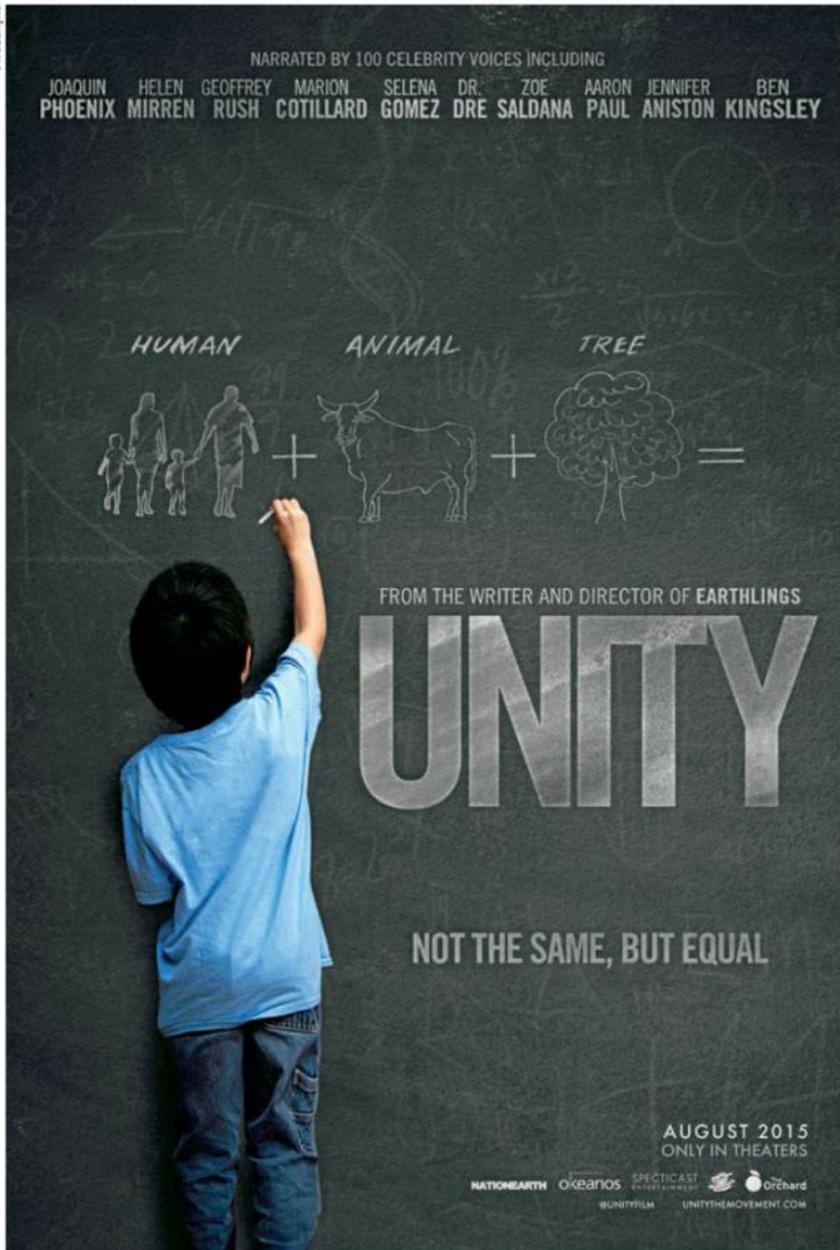
O primeiro, *Terráqueos*, se concentra na relação comum estabelecida pela humanidade com os animais, baseada na concepção antropocêntrica, expressada pela dominação, exploração, pela coisificação dos animais. O segundo, *Unity*, enfatiza o olhar sobre a humanidade, revelando as suas piores e melhores potencialidades. Racismo, genocídio, especismo, com-

paixão, amor. Salienta a fragilidade e a beleza da vida. Produz um sentimento de humildade, de comunhão, de irmandade.

*Unity* mostra com singular clareza, sutileza e sensibilidade a instrumentalidade da ciência. A necessidade de se indagar pelos propósitos e avaliar moralmente o exercício científico.

A primeira cena de *Unity* é dramática e muito significativa. No palco da tecnologia a serviço do chamado ‘abate humanitário’, a filmagem apresenta o desespero do animal no corredor que o leva à morte, tentando retroceder em meio a paredes estreitas, pressentindo que, por detrás da cortina, está a ameaça, a pistola pneumática, o fim, quando então recebe uma descarga elétrica, avança e desaparece. Em um ato desse teatro macabro, com a cabeça virada para trás, se contorcendo, procurando fugir subindo pelas paredes, o animal olha para a câmera (provavelmente, mantida escondida), fixa o olhar do sofrimento, do apelo pela ajuda, pela salvação. Ele olha para o telespectador, olha para mim, para você. Ninguém o acode, ninguém impede o que está por vir. E ele some. A tela fica escura. Um luto? E vem o título do documentário... *Unity*.

**O INVISÍVEL** Muitos dos que assistem têm o sentimento da compaixão, da alteridade, se colocam na posição daquele ser, trocam o olhar, se veem nos olhos do animal. O que eu tenho a dizer sobre isso? Agora eu vi. E ter visto me cobra uma tomada de posição.



Muitos, então, questionam aquela prática normalizada. Outros não. Outros respondem que se trata de um sentimentalismo. Entre esses, alguns vão se sensibilizar com a sequência do filme, quando o personagem muda: passa do bovino ao ser humano. O que me faz ver o humano e faz o animal invisível aos meus olhos (que não veem outros olhos)?

O mote de *Unity* pode ser verbalizado na sentença que serve de chamada: *Not the same, but equal* (*Dife-*

*rentes, mas iguais*) – slogan já invocado na reivindicação por direitos humanos, na luta pela isonomia, e que agora é aplicado para além da espécie humana. Ressalta que a igualdade para mais de um dado fático (físico) é uma construção moral: pressupõe (se) ver (n) o outro, tenha a cara ou o corpo que tiver.

Sem dúvida, a ciência trouxe o melhor. E, lamentavelmente, gerou também o pior. *Unity* diz respeito à ciência, porque vai até onde a ciência

não alcança. Ou, por outros termos, revolve os pressupostos éticos, chacoalha a mansidão das verdades incontestadas. Confronta as dualidades. Propõe-se, por exemplo, a denotar a interligação entre razão e sentimento. O teor do documentário permite classificá-lo como afinado à pós-modernidade.

Peter Singer, professor da Universidade de Princeton [e o entrevistado deste mês na *Ciência Hoje*], afirmou sobre *Terráqueos*: “Se eu pudesse fazer com que todos vissem um filme, este filme seria *Terráqueos*”. O ator Joaquin Phoenix, narrador de *Terráqueos*, disse sobre o mesmo: “De todos os filmes que eu já fiz, esse é o que mais faz as pessoas pensarem”.

*Unity* é a melhor sequência que *Terráqueos* poderia ter. A ‘unidade’, no seu significado mais elementar, é dada pela vida. Ser vivo: este é o critério essencial que aproxima, conecta. O senso da mortalidade, a outra faceta, faz o mesmo e possui a capacidade de espantar a soberba, a arrogância. A partir daí, da vida como assoalho, quais critérios são legítimos para erguer distinções? Apresenta-se, como critério seguinte, a sciência, qualidade sobre a qual a ciência vem fazendo constatações que expandem esse atributo para além da humanidade, como proclamou, em 2012, *The Cambridge Declaration on Consciousness*.

A assertiva conclusiva de *Terráqueos* inspira *Unity* e toda a trilogia: *Faça a conexão* (*Make the connection*). Esta conexão vem a ser uma mudança de paradigma, a maior de todas e, por isso, a mais difícil. Mas já está em curso sob aqueles olhos esbugalhados (e inesquecíveis) da primeira cena de *Unity*.

**Fábio Corrêa Souza de Oliveira**  
*Faculdade de Direito,  
 Universidade Federal  
 do Rio de Janeiro (UFRJ)  
 Coordenador do Centro de Ética  
 Ambiental da UFRJ*

# *Aedes aegypti*, modelagem matemática e uso racional de inseticidas

**DENISE VALLE**

Instituto Oswaldo Cruz,  
Fundação Oswaldo Cruz

**HELIO SCHECHTMAN**

Programa de Computação Científica,  
Fundação Oswaldo Cruz

**MAX SOUZA**

Departamento de Matemática Aplicada,  
Universidade Federal Fluminense

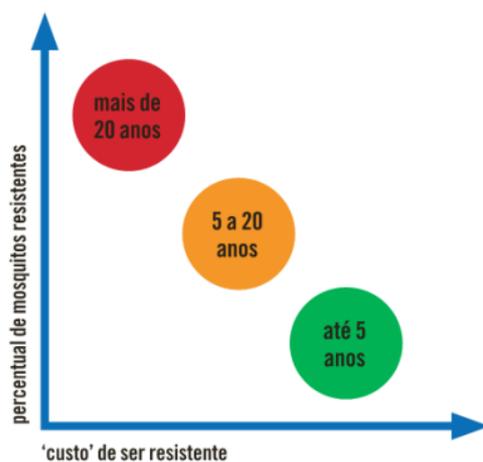
**E** stá chegando o verão, e uma nova temporada de dengue é esperada, com todos os agravantes decorrentes das altas temperaturas e muitas chuvas que mais um *El Niño* prenuncia. Algumas vacinas contra o vírus da dengue estão em desenvolvimento, uma das quais, inclusive, com pedido de liberação comercial no país tramitando em regime de urgência. No entanto, mesmo que a vacina fosse 100% eficaz e estivesse prontamente disponível para todos – o que não é o caso –, não deveríamos nos sentir tranquilos, nem seguros. Isso porque o mosquito da dengue também transmite outros vírus que circulam atualmente no Brasil, como o chikungunya e o zika, que causam grandes danos à saúde e para os quais não há vacina ou tratamento específico. Portanto, o cuidado para impedir que o *Aedes aegypti* prolifere continua sendo uma prioridade.

Cresce no país o entendimento da importância de que os potenciais criadouros de *Aedes aegypti* sejam eliminados. Apesar disso, o controle químico ainda tem papel de destaque no combate ao mosquito. Na prática, o uso de inseticidas é intensificado principalmente em situações de epidemia. E a principal consequência do uso indiscriminado, exagerado, de inseticidas é a seleção de mosquitos resistentes, que permanecem vivos e ativos.

São poucos os compostos químicos disponíveis para combater mosquitos. Muitos anos são necessários para que um novo produto seja desenvolvido – e muito pouco tempo para que este mesmo produto seja perdido por causa da disseminação de resistência nas populações de vetores, em função de seu uso excessivo. Com isso, hoje, as opções de novos produtos estão praticamente esgotadas. E em muitas áreas foi preciso parar de usar inseticidas convencionais.

O gráfico, feito a partir de simulações do novo modelo matemático, mostra por quanto tempo é preciso interromper a aplicação de inseticida para que a população de *Aedes aegypti*, em caso de resistência ao produto, volte a ser suscetível, levando em conta o percentual de mosquitos resistentes e as desvantagens competitivas desses insetos na ausência de inseticidas ('custo' de ser resistente)

Em quanto tempo é possível voltar a usar inseticida?



**SOLUÇÕES MATEMÁTICAS** É aqui que a matemática entra para ajudar a encontrar soluções. Artigo publicado em maio deste ano na revista científica *Plos One* (<http://bit.ly/1Wx6i4z>) por dois de nós (Schechtman e Souza) traz um modelo que permite entender o que acontece com uma população de *Aedes aegypti* resistente quando o inseticida deixa de ser aplicado. A pergunta inicial foi, aparentemente, simples: se a resistência a inseticidas está instalada em uma população do mosquito, a tal ponto que seu uso não se justifique mais, em quanto tempo, depois de interrompido o emprego do

produto, a população volta ao seu estado original, suscetível ao inseticida?

Várias peculiaridades da dinâmica populacional do *Aedes aegypti* foram levadas em conta. A abundância desse vetor, ditada em grande parte pelo clima, notadamente a temperatura e as chuvas, é maior no verão. Tal sazonalidade foi contemplada no trabalho com fórmulas adaptadas de um modelo anterior também elaborado por pesquisadores brasileiros e usado para estudar o impacto de inseticidas na quantidade de mosquitos e em seu perfil de resistência (<http://bit.ly/1Wx6QaE>). Aliás, o Brasil tem hoje, na academia, massa crítica significativa na modelagem matemática de questões epidemiológicas.

Como há ampla gama de cenários possíveis, dois outros parâmetros foram incluídos no modelo: o primeiro foi o percentual de indivíduos resistentes na população. Para isso, considerou-se que a resistência tem base genética e deve-se a um único fator. Embora em muitas situações a resistência a inseticidas dependa de vários fatores, há casos em que está associada a apenas um gene. Exemplo disso é a resistência aos inseticidas do grupo dos piretroides, até recentemente empregados contra mosquitos adultos em larga escala no país (o chamado fumacê). Portanto, a opção pela simplificação do modelo, nesse caso, tem correlato no mundo real.

O segundo parâmetro, chamado 'custo da resistência', foi um diferencial importante em relação a modelos prévios. Partiu-se do pressuposto de que a resistência a inseticidas prejudica a viabilidade do mosquito resistente. Isso porque a eliminação do inseticida, tóxico para o mosquito, requer que parte da energia usada em seu metabolismo geral seja desviada, o que faz com que alguns processos necessários para o bom funcionamento de seu organismo se tornem mais lentos ou incompletos. Portanto, os mosquitos resistentes só estão em vantagem na

*Em muitas situações, a resistência a inseticidas já está tão amplamente disseminada que a reversão dessa característica pode demorar várias décadas*

população quando o inseticida é utilizado.

Na prática, há uma série de exemplos de que isso ocorre com populações de *Aedes aegypti* e mesmo de outros insetos. Na presença do inseticida, indivíduos resistentes são selecionados, em detrimento daqueles suscetíveis. No entanto, quando as aplicações são interrompidas, como foi o caso dos cenários avaliados no trabalho da *Plos One*, não só sua vantagem desaparece, como também o 'custo de ser resistente' passa a ser uma desvantagem. Esse custo pode se traduzir em desenvolvimento mais lento (e, portanto, maior exposição a predadores ou à eliminação dos criadouros), menor produção de descendentes ou longevidade reduzida, entre outros.

#### **RECUPERAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE**

Por meio de um longo processo de simulações matemáticas, os autores avaliaram por quanto tempo é preciso parar de aplicar inseticida em uma área cujos mosquitos estão resistentes até que se possa utilizá-lo de novo com eficácia. Esse tempo foi calculado levando-se em conta diversos percentuais de indivíduos resistentes na população e vários 'custos da resistência' – para os quais foram atribuídos diferentes valores em função dos graus de viabilidade do mosquito (mosquitos menos viáveis, por exemplo, têm 'custo' mais alto). Como esperado, constatou-se que quanto maior o percentual de indivíduos resistentes, mais tempo sem inseticida é necessário para a população voltar a ser suscetível. Por outro lado, quanto maior o custo da resistência, mais rapidamente a condição suscetível é alcançada.

A surpresa dessas simulações ocorreu quando foram usados dados reais e atuais do Brasil. Hoje, são conhecidos os percentuais de mosquitos resistentes a piretroides em várias populações brasileiras de *Aedes aegypti* – e são muito altos em alguns casos. A associação desses percentuais com os diversos 'custos' inseridos no modelo mostrou que, em muitas situações, a resistência a inseticidas já está tão amplamente disseminada que a reversão dessa característica pode demorar várias décadas, mesmo se os mosquitos resistentes forem pouco viáveis ('custo' alto). Esses dados revelam um panorama preocupante em relação ao controle por inseticidas quando a resistência está instalada.

Atualmente, algumas alternativas para reduzir ou substituir as populações de mosquito estão em teste. Em uma delas, são liberados machos transgênicos e estéreis, que inseminam as fêmeas e inviabilizam sua prole. Outra abordagem libera mosquitos infectados com uma bactéria (*Wolbachia*) que reduz a capacidade do inseto de transmitir o vírus da dengue. No entanto, essas estratégias apresentam algumas particularidades que não foram consideradas no modelo aqui descrito.

A questão que se coloca então é: como controlar as populações de mosquitos de forma sustentável? Nesse contexto, fica evidente a relevância do controle 'mecânico', que elimina tanto indivíduos resistentes quanto suscetíveis aos inseticidas. Em suma, a remoção dos criadouros contribui para que os inseticidas sejam eficientes, se usados de forma racional e complementar. 

# Paisagismo brasileiro revisitado

Obras da arquitetura paisagística nacional são marcadas por variados estilos estéticos e assumem importância cada vez maior

**RAYSA VALÉRIA  
CARVALHO SARAIVA**

Curso de Ciências Naturais,  
Universidade Federal do Maranhão

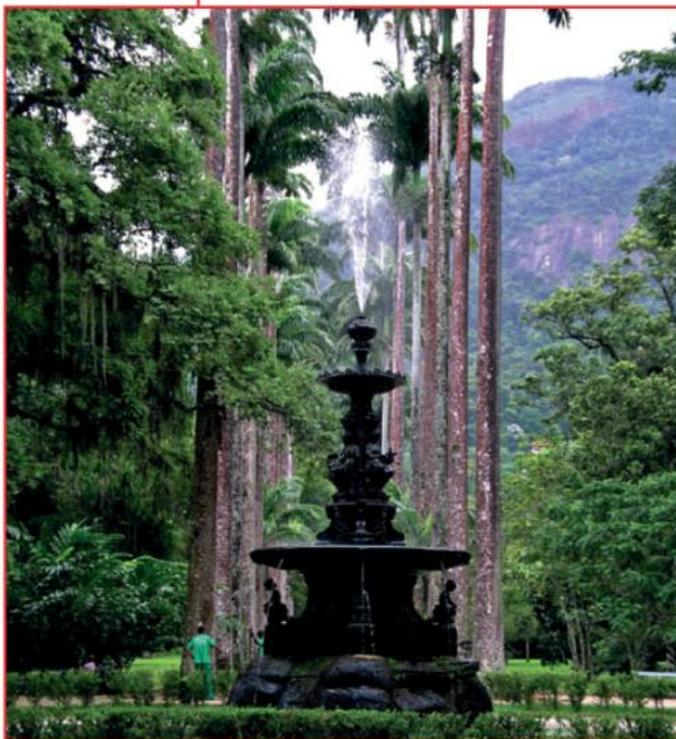
A arquitetura paisagística vem se expandindo no Brasil desde a chegada da família real portuguesa, no início do século 19. Ao longo desse período, diversos estilos estéticos têm marcado as obras dos paisagistas brasileiros. Hoje, com o aumento do interesse por espaços verdes, o paisagismo torna-se ainda mais importante para os projetos urbanísticos, cada vez mais voltados para o desenvolvimento sustentável das cidades.

O paisagismo é uma expressão artística que proporciona rica vivência sensorial. Não é coincidência que o termo 'paisagem' tenha sido aplicado para designar o estilo de pinturas do século 16 na Holanda. Assim como a observação das obras de arte renascentistas, visitar um local que tem um projeto paisagístico pode nos trazer

satisfação visual. Além de embelezar e quebrar a monotonia da paisagem das cidades, o paisagismo pode corrigir problemas microclimáticos e auxiliar no equilíbrio do ecossistema urbano. Para entendermos as bases dessa atividade, é necessário conhecer as três linhas da arquitetura paisagística brasileira: eclética, moderna e contemporânea.

Os jardins ecléticos têm como característica principal o tratamento do espaço dentro de uma visão bucólica que remete ao romantismo francês e inglês do século 19. Sua referência são os campos e jardins de palácios. Há gramados, predomínio de espécies exóticas, lagos, pontes, chafarizes, esculturas e animais soltos. De acordo com Ricardo Tadeu de Faria, paisagista e autor do livro *Paisagismo: harmonia, ciência e arte* (Editora Miceinas, 2005), os espaços criados por esse estilo eram destinados à contemplação e a passeios, sendo raros aqueles direcionados às atividades esportivas. O uso de jardins públicos para esse tipo de função no Brasil teve origem na primeira metade do século 20, com o planejamento de parques em São Paulo, e foi incentivado, pois poderia trazer benefícios ligados à saúde e formação cidadã.

Construído no início do século 19, o Jardim Botânico do Rio de Janeiro, conhecido por suas árvores enfileiradas, é um dos marcos do paisagismo brasileiro



Rompendo com a visão romântica, o estilo moderno é caracterizado por jardins com predomínio de espécies nativas, vegetação integrada ao ambiente, contrastes fortes e cores vibrantes. Há forte influência da pintura do século 20 na concepção dos pisos, além de desenhos feitos com a vegetação. Trata-se de uma arquitetura paisagística funcionalista, com a determinação de áreas equipadas para o lazer.

O paisagismo do século 21, de estilo contemporâneo e ocasionalmente denominado paisagismo ecológico, é influenciado pela consciência em relação à escassez de recursos e à necessidade de se cuidar do meio ambiente e proteger a biodiversidade. Essa vertente tem diretrizes pós-modernistas e possibilitou o surgimento de novas organizações dos espaços livres, com o uso de ícones do passado, caracterizando um neocletismo.

### MARCOS DO PAISAGISMO NACIONAL

O paisagismo brasileiro tem projetos que se destacam em cada um desses estilos. Em 1808, no Rio de Janeiro, então capital do Brasil, foi criada, por ordem de Dom João VI, uma fábrica de pólvora que, em seguida, abrigou também um jardim para aclimação de especiarias vindas das Índias Ocidentais. Atualmente denominado Jardim Botânico do Rio de Janeiro, o local, que ocupa 54 hectares, tem finalidade paisagística, educativa e científica. Os canteiros e estufas que atraem visitantes durante todo o ano são intermediados por chafarizes, pontes e monumentos. A paisagem é conhecida também pelas aleias, séries de árvores enfileiradas, que foram implantadas pelo botânico recifense Frei Leandro do Santíssimo Sacramento (1778-1829). A aleia de palmeiras imperiais, cartão postal do jardim, foi plantada em 1842.

A introdução do conceito e da prática dos jardins para aclimação de plantas, após a chegada da realeza portuguesa no Brasil, contribuiu muito para a expansão do paisagismo nacional, pois permitiu a reposição das espécies usadas nos projetos. Antes

disso, a escolha das plantas seguia os ciclos de exploração de cada espécie.

Outro projeto paisagístico brasileiro de destaque é o do Passeio Público do Rio de Janeiro, considerado oficialmente o mais antigo parque urbano do Brasil, construído entre 1779 e 1783. O que antes era um charco passou a ser um espaço arborizado frequentado pela população para deslocamento e lazer. Seu traçado geométrico foi elaborado pelo escultor e urbanista mineiro Mestre Valentim (1745-1813), por ordem do vice-rei Luís de Vasconcelos e Sousa (1742-1809). O Passeio Público, que hoje ocupa área de 3,3 hectares, adquiriu características do paisagismo eclético após reforma feita em 1861 pelo engenheiro e paisagista francês Auguste François Marie Glaziou (1833-1906). Entre as alterações promovidas estão: instalação de jorro d'água, riacho e caminhos sinuosos; e arborização usando espécies como oitizeiro, cásias, jacarandás, ipês e manacás, o que resultou em uma sequência de cores em várias épocas do ano.

### JARDINS MODERNOS

O marco do estilo moderno no país são as obras do artista plástico e paisagista paulista Roberto Burle Marx (1909-1994). Ele defendeu o uso da flora tropical em seus projetos, que refletem o panorama histórico-cultural da década de 1920 e evidenciam seu pensamento. Burle Marx via o jardim como um lugar onde se estabelece uma afinidade especial entre o homem e a natureza, um meio de coexistência pacífica entre espécies. Em suas obras, a valorização de um estilo nacional, incluindo espécies nativas, se contrapõe ao estilo clássico, tão difundido pela realeza portuguesa. Ressalta-se sua preocupação com o declínio dos recursos naturais. Com seus jardins e sua arte, Burle Marx desejava proporcionar contemplação e amor aos observadores, para que eles pudessem atentar para a conservação do ambiente. Portanto, o jardim torna-se instrumento de prazer e meio de educação.

As obras de Burle Marx são consideradas monumentos vivos, como o

Sítio Roberto Burle Marx, listado como Patrimônio Cultural Brasileiro. Instalado em uma área de 36 hectares em Barra de Guaratiba, no Rio de Janeiro, o sítio foi a residência do paisagista entre 1973 e 1994. A composição de suas paisagens inclui espécies de bromélias, agaves e helicônias. Outros projetos de destaque de Burle Marx foram os jardins do Parque do Flamengo, no Rio de Janeiro, o Parque do Ibirapuera, em São Paulo, e a Praça da Vitória Régia, em Recife. Os jardins da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), em Paris, figuram entre as mais importantes obras de sua carreira, com reconhecimento internacional.

O paisagismo contemporâneo brasileiro pode ser representado pelo trabalho de arquitetos paisagistas como a paulista Rosa Kliass (1932-) e o carioca Fernando Chacel (1931-2011), que foi aluno de Burle Marx. É de Chacel o projeto do Parque da Gleba E, na Barra da Tijuca (RJ), área antes desertificada que, após sua intervenção, adquiriu arborização, conforto térmico e redução de ruído, tornando-se referência para projetos que seguem o conceito de desenvolvimento sustentável. Kliass, por sua vez, é conhecida pelos projetos paisagísticos da avenida Paulista e do Parque da Juventude, ambos em São Paulo. Este último, situado na parte desativada do Complexo Penitenciário do Carandiru, apresenta espaços para lazer e contemplação da natureza.

Atualmente, a perspectiva é de crescimento para o paisagismo, devido ao aumento do interesse da população pelos espaços verdes e jardins. Logo, os paisagistas terão ainda mais relevância para a arquitetura, o urbanismo e o desenvolvimento sustentável nas cidades. Deverão ser profissionais atentos a aspectos históricos, que respeitem as necessidades das espécies vegetais e as condições ambientais e visem minimizar os impactos ao ambiente. Diante disso, o paisagismo, em todas as suas vertentes e funções, deve ser valorizado e reconhecido como parte da nossa história. 

# Os segredos do movimento

Não dá para saber se estamos caindo de um prédio ou flutuando no espaço

A descrição do movimento talvez seja um dos mais antigos temas da física. Embora esse fenômeno seja cotidiano e corriqueiro, o entendimento de suas causas e origens remontam a milhares de anos. Os filósofos gregos da Antiguidade desenvolveram várias ideias para explicar tanto os movimentos dos corpos celestes quanto os dos terrestres – para eles, coisas distintas, governadas por princípios diferentes. Acreditava-se que os movimentos terrestres sempre cessavam, enquanto os celestes pareciam eternos e periódicos.

Em nosso dia a dia, percebemos que, quando damos um impulso, por exemplo, em uma bola, ela rolará certa distância e depois cessará seu movimento. Essa percepção faz com que muitas pessoas pensem de modo similar a alguns filósofos gregos, como Aristóteles (384-322 a.C.), que imaginava que a bola somente manteria seu movimento enquanto uma força atuasse sobre ela. Hoje, sabemos que a causa que faz com que a bola cesse seu movimento é o atrito entre ela e o chão. Para Aristóteles – e para nosso senso comum –, o estado natural das coisas era (é) o repouso e não o movimento.

Movimentos simples, como o da bola, têm causas e implicações profundas. A compreensão completa desse fenômeno está no cerne de um dos desenvolvimentos mais importantes da física: a teoria da relatividade geral (TRG), proposta pelo físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955), há exatamente 100 anos.

**GRAVIDADE E ACELERAÇÃO** A TRG foi proposta para descrever movimentos de corpos acelerados. Ainda em 1905, Einstein apresentou a versão restrita dessa teoria, na qual descrevia apenas movimento de corpos com velocidade uniforme (sem aceleração). À época, a teoria da relatividade restrita (ou especial) apresentou conceitos revolucionários. Dois deles: i) tempo e espaço são grandezas relativas, ou seja, dependem do estado de movimento do observador; ii) a velocidade da luz é uma constante da natureza e, portanto, independente do movimento do observador (ver, nesta edição, 'A teoria da relatividade – 100 anos de uma nova maneira de ver o universo').

A generalização da teoria da relatividade – isto é, o caminho da restrita até a geral – pode ser considerada um dos maiores esforços científicos feitos por apenas uma pessoa. Grande passo nesse sentido foi dado em 1907, quando Einstein – que ainda trabalhava como técnico no Escritório de Patentes da Suíça – percebeu que uma pessoa, por exemplo, caindo do alto de um prédio, em sua trajetória rumo ao chão, não perceberia o próprio peso, ou seja, ela tem a sensação de 'flutuar', livre da ação de forças. No entanto, para um observador no chão, a pessoa está em queda sob a ação da gravidade terrestre.

A situação de cair de um prédio é indistinguível da de um astronauta que 'flutua' no espaço. Do ponto de vista deste último, ele também não sente força alguma, mas, para um observador na Terra, a nave está sempre 'caindo', ou seja, em queda livre.

E só não atinge o chão porque está em órbita em torno da Terra – assim como um satélite.

Duas outras situações indistinguíveis entre si: estar parado na superfície da Terra e no interior de uma nave espacial – distante de qualquer campo gravitacional, como o gerado por um planeta ou uma estrela – dotada de aceleração igual à da gravidade terrestre (cerca de  $10 \text{ m/s}^2$ ). Nos dois cenários, haverá a sensação de uma força que puxa a pessoa para baixo.

Por sinal, uma forma de criar no espaço a sensação de gravidade é fazer com que a espaçonave gire, pois isso gerará uma aceleração centrífuga ('para fora'), que os astronautas sentirão como se fosse gravidade – uma cena do filme *Perdido em Marte* mostra a criação da gravidade por meio da rotação da nave.

**ESTRANHA EQUIVALÊNCIA** Essa similaridade entre gravidade e aceleração – que é o cerne da TRG – ficou conhecida como princípio da equivalência (figura). Embora pareça ser uma ideia simples, ela tem uma consequência muito significativa: a massa inercial é igual (equivalente) à massa gravitacional.

Parece soar estranho o fato de haver dois tipos de massa, e de elas serem iguais. O físico britânico Isaac Newton (1642-1727), que introduziu o conceito de força gravitacional, percebeu isso, mas não chegou a uma resposta para essa estranha equivalência. Newton mostrou que a aceleração que um corpo adquire a partir da aplicação de uma força depende de sua

massa (no caso, a inercial), mas a força gravitacional entre dois corpos depende do produto de suas massas (gravitacionais). No primeiro caso, a massa faz o papel de algo que resiste à mudança no estado de movimento do corpo. No segundo, ela atua como se fosse uma 'carga gravitacional' (em analogia com a carga elétrica) da força de gravidade.

Essa equivalência entre massa gravitacional e massa inercial, aliada aos princípios da teoria da relatividade restrita (relatividade entre espaço e tempo, e constância da velocidade da luz) levou a uma nova teoria: a TRG.

Einstein percebeu que a presença de uma massa causaria uma deformação no espaço e no tempo – na primeira metade da década de 1910, Einstein já havia percebido que essas duas grandezas deveriam estar necessariamente unidas, de modo indissociável, no chamado espaço-tempo, que 'funde' as três dimensões espaciais (altura, largura e comprimento) e o tempo (quarta dimensão).

Esse conceito bastante complexo – o de que a gravidade é um efeito da curvatura do espaço-tempo – custou muitos anos para ser formalizado do ponto de vista matemático por Einstein (ver, nesta edição, 'Relatividade geral – uma janela centenária para os mistérios do universo').

**TECIDO ESTENDIDO** A partir de mais uma analogia simples, mas limitada, podemos imaginar o espaço – desprezando aqui a dimensão temporal e o fato de que temos três dimensões espaciais – como um tecido estendido. Quando colocamos uma bola de boliche no centro desse tecido, observamos que a região ao redor da bola fica encurvada. Quanto maior for a massa de nossa bola, maior será a deformação causada no tecido.

Se jogarmos sobre o tecido uma bola de gude – que, por sua vez, causará uma deformação pequena –, ela manterá seu movimento em linha reta até se aproximar da curvatura causada pela bola de boliche. Dependendo da

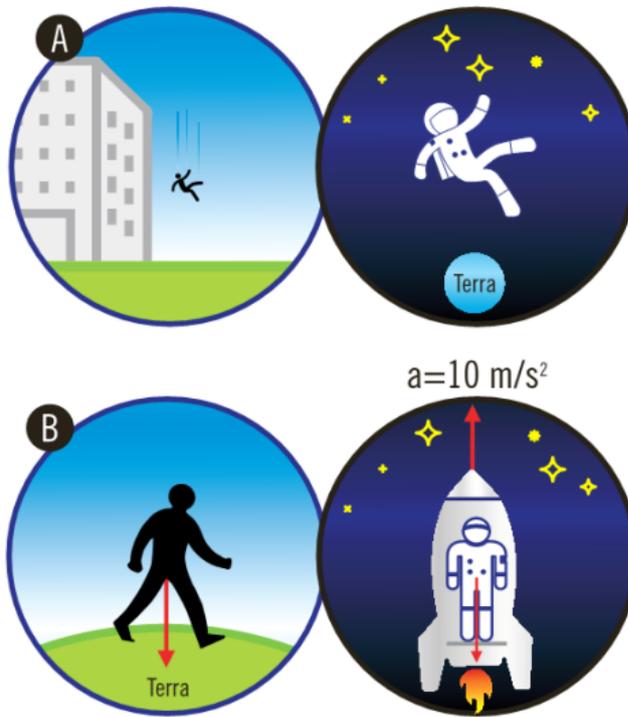


Figura. O princípio de equivalência determina que é impossível distinguir entre (A) estar caindo de um prédio e estar 'flutuando' no espaço; (B) estar na superfície da Terra e estar dentro de uma nave sendo puxada para cima com a aceleração da gravidade terrestre (cerca de  $10 \text{ m/s}^2$ )

velocidade da bola de gude, ela começará a descrever uma trajetória ao redor da bola de boliche, da mesma maneira que a Terra e os outros planetas fazem ao redor do Sol.

Com essa fantástica ideia, Einstein mostrou que a misteriosa ação a distância da gravidade newtoniana era, de fato, um efeito da distorção do espaço-tempo. Por sinal, vale notar que, nas proximidades de campos gravitacionais intensos (estrelas de grande massa, buracos negros etc.), o próprio tempo irá se 'dilatarse', ou seja, passar mais devagar, por conta também da deformação do espaço-tempo.

Essa 'dilatação' temporal é verificada, por exemplo, nos relógios atômicos presentes nos satélites do sistema GPS. Esses relógios, devido ao campo gravitacional da Terra, sofrem atrasos, e se eles não fossem corrigidos segundo as previsões da TRG, haveria erros enormes (na ordem de km) nas posições indicadas pelo GPS.

**DESVIO DA LUZ** Outro resultado previsto e confirmado pela TRG: a luz, que não tem massa, ao passar nas proximidades de um campo gravitacional

intenso, teria sua trajetória desviada. Esse fato foi verificado pela primeira vez em 1919, em um eclipse total do Sol observado na Ilha Príncipe, na costa ocidental africana, e em Sobral, no Ceará. A confirmação dessa previsão gerou a grande repercussão da teoria, e deu a Einstein fama mundial.

De forma geral, qualquer movimento acelerado pode ser descrito como se fosse a ação de uma força gravitacional. Quando você está em pé em um ônibus que faz uma curva brusca, você sente uma força que o/a joga para fora. Do ponto de vista de quem está do lado de fora, o ônibus fez uma curva, e você, por inércia, tende a manter sua direção do movimento. Mas, para você, surge uma força que o/a atrai na direção da parede do ônibus, como se uma força gravitacional estivesse puxando você.

Um evento simples e cotidiano como esse tem uma explicação muito profunda que se conecta com uma das maiores realizações científicas de todos os tempos.

**ADILSON DE OLIVEIRA**

Departamento de Física,  
Universidade Federal de São Carlos (SP)

# EM DEFESA DO ABERTO

## Ciência aberta, questões abertas

Sarita Albagli, Maria Lucia Maciel e Alexandre Hannud Abdo. (Org.)

Brasília / Rio de Janeiro, Ibict / UniRio, 312 p., download grátis

**PARA DISCUTIR A CIÊNCIA ABERTA**, os autores desta obra propõem deixar as questões também em aberto. Num primeiro momento, pode-se pensar que o livro apenas aponte as próprias questões abertas, deixando para os leitores a busca das respostas. Não é o caso. Cada um dos 12 capítulos que compõem o livro vai direto aos pontos fundamentais: não tem sentido a produção do conhecimento se encerrar em si mesma, como tem acontecido, cada vez mais e lamentavelmente, na produção científica mundial.

O movimento em torno do aberto vem crescendo em todo o mundo. Podemos dizer que, na história recente, começou com os *softwares* livres, seguidos do acesso aberto a dados e publicações científicas. Mas, como afirmam Antonio Lafuente e Adolfo Estalella em um dos capítulos, esses são movimentos necessários, “mas não suficientes”. Compartilhamos dessa visão, pois é importante fortalecer a luta em defesa da abertura dos dados de pesquisas científicas, da transparência das políticas públicas, da liberdade de acesso às informações, engrossando as demandas em torno de *softwares* e *hardwares* abertos e livres e buscando uma padronização aberta para os formatos dos arquivos de texto, áudio e vídeo. Enfim, uma luta cotidiana por uma sociedade centrada nos princípios da abertura e da liberdade.

Utilizamos, com frequência, uma das máximas dos *hackers*, que preconiza “privacidade para os fracos, transparência para os poderosos”. A afirmação de Julian Assange no livro

*Cyberpunk: liberdade e o futuro da internet* é seguida à risca neste livro, disponível em <http://livroaberto.ibict.br/>.

Ao navegar pelos textos dos autores – de diversos países e com diferentes formações – que participaram do encontro homônimo realizado no Rio de Janeiro em 2014, o/a leitor/a encontrará subsídios mais que suficientes para engrossar a fileira daqueles que, como eu, acreditam que precisamos de transformações radicais na educação e na ciência. Para isso, se faz necessário compreender que essa produção está, como afirma Sarita Albagli, logo no primeiro capítulo, inserida em uma importante ‘disputa’ sobre a noção de abertura e, em última instância, sobre a própria noção de ciência. Essa, de fato, é a tônica de todos os capítulos, que detalham experiências concretas em andamento, como a criação de hiperobjetos e o movimento do ‘Faça você mesmo’ (*Do it yourself* – DIT), entre tantas outras.

Esse conjunto de exemplos, associado à intensa reflexão teórica trazida pelos diversos autores, nos leva a pensar no crescimento de movimentos brasileiros que articulam muitos dos princípios aqui apresentados, como os *hackerspaces*, os clubes *hackers*, os trabalhos de economia solidária, as produtoras culturais colaborativas etc. Não podemos deixar de mencionar, claro, o movimento do *software* livre, com grande visibilidade no Brasil e em outras partes do mundo.

Todas essas ações apontam para uma nova exigência contemporânea,



a da ampliação do espectro dos chamados direitos fundamentais. Falamos hoje no acesso à internet como sendo um novo direito fundamental, e os autores deste livro avançam no sentido de reconfigurar a “agenda de acesso ao conhecimento como [também] uma exigência de atendimento a direitos fundamentais”.

É importante ressaltar as conclusões das ‘oficinas de escopo’ realizadas em torno da Rede de Ciência Aberta e Colaborativa sobre Desenvolvimento (OCSNet, na sigla em inglês), apresentada no quinto capítulo. Merece destaque também este trecho – O que é ciência aberta e colaborativa e que papéis ela pode desempenhar no desenvolvimento? –, por considerar que, do ponto de vista conceitual, aí está dada a chave para nosso caminhar nesse campo: “Foi importante que um dos principais consensos a emergir da oficina tenha sido a necessidade de considerar a ciência aberta e colaborativa sob a perspectiva da *justiça cognitiva*, a noção de que a ciência aberta e colaborativa deveria buscar empoderar atores locais, incluindo pesquisadores e cidadãos, levando em consideração a pluralidade dos sistemas de conhecimento; e dar prioridade a desafios de desenvolvimento de relevância local”.

Outro autor, Henrique Parra, sublinha que a produção de conhecimento científico deve ser analisada

com o “entrecruzamento dos seguintes fenômenos: a expansão das tecnologias de comunicação digital, da colaboração distribuída (*crowdsourcing*) e do uso de grandes bancos de dados (*big data*)”, aspectos que perpassam quase todos os capítulos do livro e que devem merecer nossa maior atenção, em função do que observamos no Brasil contemporâneo.

Como afirmei, as questões, de fato, estão abertas: elas são um convite ao diálogo, ao aprofundamento, ao enfrentamento dos pontos que afligem o estar na contemporaneidade. Temos visto, cada vez mais, a luta entre as grandes corporações que buscam, intensamente, transformar em escasso e raro aquilo que, na verdade, abunda na sociedade – o conhecimento científico e cultural. Nesse sentido, precisamos *hackear* o mundo, como defendem Lafuente e Estalella. Para eles, “*hackear* o mundo não é só inventar novas possibilidades de habitá-lo e transformá-lo, mas de devolver ao comum o muito que tem sido abusivamente patrimonializado pelos estados e mercados”.

Todos esses movimentos ocorrem em torno do que está sendo chamado de ‘ciência cidadã’, e são elementos fundamentais e estruturantes de uma busca muito mais ampla – a da construção de uma sociedade democrática, justa e solidária. Essa luta, política e teórica, já em andamento, está em seu momento crucial, pois temos, pelo menos potencialmente, os principais mecanismos para fazê-la avançar, mas, ao mesmo tempo, vemos crescer uma onda conservadora que pretende elitizar cada vez mais o conhecimento. O desafio está posto e cabe a nós acelerarmos a busca de outras possibilidades, e, para tal, este é um livro fundamental, pois, entre outras tantas coisas, chama para a conversa.

**Nelson Pretto**

Faculdade de Educação,  
Universidade Federal da Bahia

# ANTROPOLOGIA DO DESAJUSTE

## A história do corpo humano: evolução, saúde e doença

**Daniel Eric Lieberman**

Rio de Janeiro, Zahar, 496 p., R\$ 89,90



**DANIEL LIEBERMAN**, professor da Universidade Harvard (Estados Unidos), é um antropólogo mundialmente reconhecido por seus trabalhos em paleoantropologia. Neste livro, o que temos é uma tentativa, por parte do autor, de utilizar o vasto conhecimento acumulado pelos antropólogos, desde há muito, sobre as origens, evolução e dispersão de nossa espécie, para um entendimento mais acurado dos diversos problemas de saúde que assolam as populações hoje residentes em países industrializados. Tanto em nações desenvolvidas quanto naquelas consideradas em vias de desenvolvimento, observa-se o que o autor chama de uma “transição epidemiológica”, em curso já há algum tempo, e que vem se mostrando um enorme desafio para a medicina moderna.

A transição epidemiológica à qual Lieberman alude caracteriza-se pela sobreposição, progressiva e cada vez mais rápida, da prevalência, nesses países, de doenças de fundo ambiental (leia-se, diabetes tipo 2, obesidade e osteoporose, entre outras) sobre aquelas provocadas por agentes patogênicos externos, como vírus e bactérias (doenças infectocontagiosas).

À medida que os confortos proporcionados pelas sociedades industriais se espriam, ainda que, ironicamente, de forma desigual entre

ricos e pobres, aliados aos avanços da medicina científica, as taxas de mortalidade (proporção de mortes por habitantes) vão cedendo espaço a taxas de morbidade (índices de portadores de doenças) cada vez mais elevadas. Vive-se mais, mas vive-se, relativamente, com menor qualidade de vida, não só em razão do envelhecimento em si, ou de predisposições genéticas, mas, sobretudo, devido a hábitos, estilos de vida etc., proporcionados pela modernidade e causadores de problemas crônicos de saúde.

Em resumo, para o autor, o que observamos hoje é, por um lado, um descompasso entre os ritmos de inovação da biologia humana, mais lento, e, por outro, da cultura, mais veloz, com todas as suas inovações.

Não é por menos que, para dar conta desse descompasso rítmico entre natureza (evolução biológica) e cultura (linguagem, tecnologia, simbolismo etc.), boa parte do livro é dedicada a oferecer ao leitor um conjunto massivo de dados paleoantropológicos, focados, principalmente, no longo e árduo processo de desenvolvimento do corpo humano, desde o aparecimento dos primeiros homínios, há mais ou menos 6 milhões de anos, até os dias atuais, tendo como um de seus principais agentes transformadores, ao lado de pressões ecoló-

>>>

gicas, a cultura. Eis aqui um dos aspectos mais positivos do livro, uma vez que apresenta, com maestria, as imbricadas alianças feitas entre a biologia e a cultura, as quais nos garantiram, como espécie, sucesso adaptativo em praticamente todos os ambientes do planeta.

Distante das pressuposições que marcaram a antropologia em seus primórdios, as quais preconizavam que os comportamentos individuais e coletivos se devem a imperativos biológicos, para Lieberman, pensar o humano, inclusive a sua biologia, é pensá-lo culturalmente.

Seja como for, uma de suas teses principais é a de que o processo evolutivo da espécie produziu um corpo adaptado a um estilo de vida caçador-coletor, ou seja, marcado por certa homeostase entre o consumo e o gasto de altos níveis de energia (calorias) em dados ambientes ecológicos e culturais, em que a dieta e o esforço físico desempenham importante papel nos perfis epidemiológicos dessas populações, seja no passado, seja no presente. Ora, desde a revolução neolítica, marcada pelo surgimento da agricultura há cerca de 10 mil anos, e a industrial, o ritmo das transformações culturais se acentuou exponencialmente, e seu impacto sobre o corpo humano tem gerado o que o autor chama de “doenças de desajuste”, cujos tratamentos proporcionados pela medicina moderna têm levado ao que ele nomeia “disevolução”, um neologismo de sua própria lavra.

Ambos os conceitos são recorrentes em todo o livro. Em termos sucintos, as doenças de desajuste são aquelas que podem ser causadas por estímulos ambientais excessivos (abundância de açúcar, por exemplo), insuficientes (como ausência de atividade física) ou, ainda, novos demais (uma substância química qualquer), quase sempre em sinergia. A disevolução aparece quando, em vez de trabalhar as causas ambientais res-

ponsáveis pelas doenças de desajuste, inclusive a partir de uma perspectiva evolutiva, os serviços de saúde, de um modo geral, prezam apenas pelo tratamento dos sintomas, permitindo, assim, que a cronicidade, quase sempre acompanhada de complicações, se instale.

Não é que, para Lieberman, problemas como o diabetes tipo 2, a obesidade, a miopia, a osteoporose, as dores lombares, a asma e as alergias, entre tantos outros, não tenham um fundo genético ou biológico. Mas, sob sua perspectiva antropológica, os fatores ambientais desempenham um papel superior àqueles biológicos, e isso se revela, inclusive, nos estudos comparativos com populações caçadoras-coletoras, agricultoras e mesmo industriais, ao longo do tempo e do espaço.

Os argumentos de Lieberman estão alicerçados não só na sua experiência como bioantropólogo, mas também em um impressionante conjunto de estudos científicos sobre cada um dos tópicos que ele aborda, outro ponto forte da obra. Mas, quando nos detemos apenas nos últimos capítulos, nos quais ele esboça suas reflexões mais particulares sobre como enfrentar essa epidemia de doenças de desajuste, é inevitável perceber que, para tanto, aportes teóricos da sociologia e da antropologia socio-cultural, só para ficarmos em duas ciências sociais, seriam bem-vindos. Nada que obnubile a grandeza do livro, mas que, possivelmente, nos mostraria de forma mais acurada por que, naquilo que diz respeito aos homens, para além de dietas e inatividade física, há por toda parte uma carga simbólica a animar suas atitudes diante do grande desafio que é viver, algo com o que, de certa forma, o autor, ainda que timidamente, parece concordar.

**Verlan Valle Gaspar Neto**

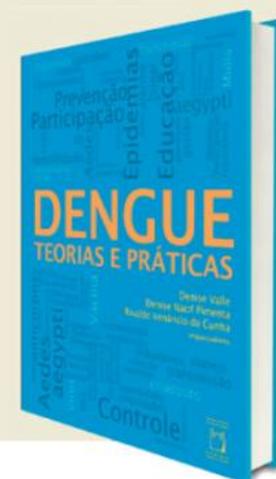
*Instituto de Ciências Humanas e Letras,  
Universidade Federal de Alfenas (MG)*

## Dengue: teorias e práticas

**Denise Valle, Denise Nacif Pimenta e Rivaldo Venâncio da Cunha (orgs.)**

*Rio de Janeiro, Editora Fiocruz, 460 p., R\$ 159*

Ciências sociais, medicina, comunicação, entomologia, epidemiologia e veterinária são algumas das áreas de conhecimento dos 36 autores deste livro. Assim como a doença, o livro é transversal a várias disciplinas. Sistematiza o conhecimento disperso na literatura e traça um panorama histórico da dengue, abordando seus aspectos científicos, clínicos, sociais, políticos e comunicacionais e discutindo as perspectivas para o futuro do controle da doença no Brasil. O resultado é um livro que reúne diversas vozes que falam sobre a dengue para um amplo espectro de leitores. A constatação de que dengue não é um problema exclusivo da saúde estimulou uma abordagem mais ampla por parte de seus organizadores. Os 19 capítulos foram escritos por médicos, matemáticos, antropólogos, jornalistas, psicólogos, entre outros. Assim, é um livro para quem se interessa em compreender a dengue em toda a sua abrangência, para além das questões científicas e médicas.



# O CONHECIMENTO EM UM CLIQUE!



## Visite nossa LOJA VIRTUAL

Em vista Visualize, clique aqui para editar e login.

**LOJA VIRTUAL** Pesquise na loja 0 Itens R\$ 0,00

Produtos » Minha Conta Fale conosco

**REVISTA CIÊNCIA HOJE: os melhores nomes da ciência no país já assinaram nossas páginas. Assine você também.** **ASSINE JÁ!**

**Eutírio eletrônico**  
Uma máquina para a saúde e o consumo.

**Dieta da princesa Serejônia**  
MELHOR DO QUE COMER DE ALMOO.

**ENDEREÇO**  
Av. Ypiratinga Brás, 711 Casa 21  
CEP: 22290-140 - Rio de Janeiro/RJ

**INSTRUCIONAL**  
Quem somos  
Política de privacidade

**ÁREA DO CLIENTE**  
Minha conta  
Meu carrinho

**REDES SOCIAIS**

**TELEFONES**  
0800 727 8999  
(+55 21) 2149-0999

**ENDEREÇO ELETRÔNICO**  
contato@cienciahoje.org.br

**FORMAS DE PAGAMENTO**

Instituto Ciência Hoje | CNPJ: 06.151/5100001-42  
© 2014 Aspen Tecnologia Ltda. Todos os direitos reservados.

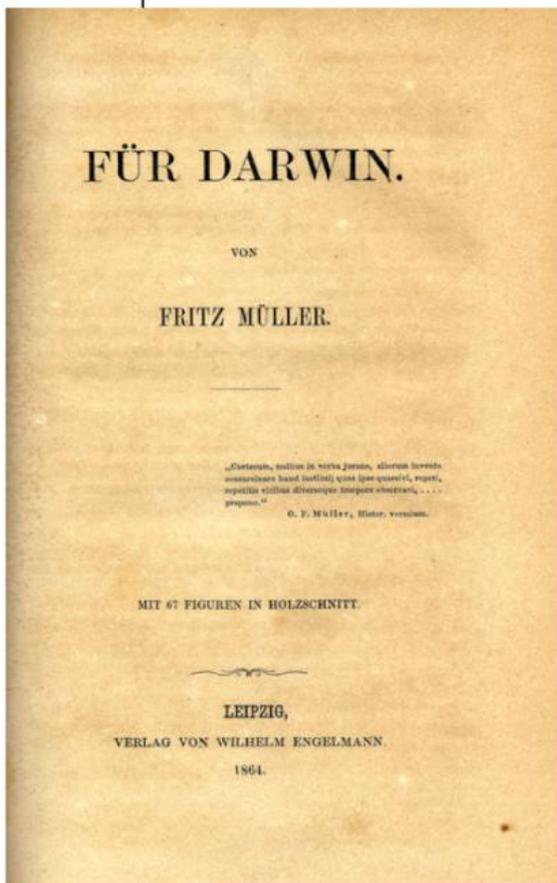
Publicações para todos os gostos e idades!

[www.cienciahoje.org.br](http://www.cienciahoje.org.br) | [www.lojaich.org.br](http://www.lojaich.org.br)

# Amizade além dos trópicos

**1865 INICIA-SE CORRESPONDÊNCIA ENTRE FRITZ MÜLLER, NATURALISTA ALEMÃO RESIDENTE NO BRASIL, E O INGLÊS CHARLES DARWIN, UM DOS AUTORES DA TEORIA DA EVOLUÇÃO POR SELEÇÃO NATURAL.** Por meio de cartas, eles compartilharam opiniões e descobertas, estabelecendo uma colaboração científica que contribuiu para o avanço do conhecimento associado à origem e evolução das espécies.

Página de rosto da primeira edição alemã do livro *Für Darwin* (*Para Darwin*)



## FLAVIA PACHECO ALVES DE SOUZA

Pós-graduação em Ensino,  
História e Filosofia das Ciências e Matemática,  
Universidade Federal do ABC

## ANDREA PAULA DOS SANTOS OLIVEIRA KAMENSKY

Centro de Engenharia,  
Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas,  
Universidade Federal do ABC

**EM 1822**, ano em que o Brasil deixou de ser colônia de Portugal e deu seus primeiros passos rumo à consolidação do Império, nascia Johann Friedrich Theodor Müller, em 31 de março, na aldeia de Windischholzhausen, distrito de Erfurt, na Turíngia, Prússia, onde hoje fica a região central da Alemanha. Naquela época, a Alemanha já não mais pertencia ao Sacro Império Romano-germânico desde 1806 e era um conglomerado de 39 estados individuais, conhecido como Liga Alemã, em que os mais proeminentes eram a Prússia e a Áustria.

Fritz Müller cresceu na Alemanha e formou-se em filosofia pela Universidade de Berlim em 1844. Em 1852, já casado com Karoline Töllner (1824?-1894), decide emigrar para o Brasil, onde viveu durante 45 anos, na colônia de Blumenau (hoje cidade), em Santa Catarina. O interesse pelo nosso país, a mais de 9 mil km de distância de sua terra natal – o equivalente na época a dois meses de viagem em navio a vapor – resultou do conhecimento que tinha sobre a riqueza da fauna e flora brasileiras, obtido por meio de livros como o dos naturalistas alemães Johann Baptist von Spix (1781-1826) e Carl Friedrich Philipp von Martius (1794-1868), que produziram um relato de suas expedições ao Brasil considerado a maior fonte de informações sobre o Brasil na Alemanha no século 19.

BIBLIOTECA PARTICULAR DO DR. LUIZ ROBERTO FONTES



Fotografia enviada por Fritz Müller ao colega Charles Darwin, possivelmente feita em 1865

No Brasil, Müller ocupou diversos cargos. Foi pesquisador da flora e da fauna catarinenses, professor, naturalista viajante, juiz de paz e também envolvido nas questões políticas de Blumenau, o que o levou à prisão em 1893, durante a Revolução Federalista. Müller adotou o Brasil como pátria e a colônia de Blumenau, como seu lar. Após sua vinda para o nosso país, nunca mais voltou à Europa e confiava aos amigos por cartas que não trocava sua vida no mato pela vida ‘civilizada’ que poderia ter na Alemanha. Nem mesmo o Rio de Janeiro, capital do Império e reduto da ciência brasileira no período, foi visitado por ele.

Em 1861, trabalhando como professor em Desterro (atual Florianópolis), capital da província de Santa Catarina, teve contato com o livro *A origem das espécies por meio da seleção natural*, do naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882), por meio de um exemplar em alemão enviado por um amigo. Publicado em 1859, o ‘grande livro das espécies’, como Darwin se referia à sua obra, começou a ser escrito em abril de 1856; porém, os dados e muitas das suas observações remetem a 1831, quando o naturalista embarcou no navio HMS Beagle. No livro, Darwin detalhou o conceito de evolução por seleção natural, que foi também desenvolvido, de forma independente, pelo naturalista britânico Alfred Russel Wallace (1823-1913). Os dois trabalhos, que revolucionaram a biologia, foram apresentados simultaneamente na Sociedade Lineana de Londres em 1º de julho de 1858.

**INÍCIO DE UMA PROFÍCUA COLABORAÇÃO** Muitos cientistas começaram a usar o conceito de evolução por seleção natural em seus trabalhos de campo e de pesquisa. Müller foi um dos pioneiros nesse apoio. Após a leitura de *A origem das espécies*, o interesse despertado pelas teorias ali expostas levou-o a mudar o rumo de todas as suas publicações posteriores, o que culminou no lançamento de um livro na Alemanha, em 1864, com o título de *Para Darwin (Für Darwin)*.

*Para Darwin* foi muito bem recebido no meio científico alemão e também por Darwin, que, após ter contato com o livro, escreveu uma carta a Müller elogiando-o pelo excelente trabalho realizado e se responsabilizando pela publicação e pelo custeio da edição inglesa da obra, lançada em 1869. Essa carta, de 10 de junho de 1865, foi a primeira de que se tem notícia entre os dois naturalistas. Nela, Darwin pede ainda que Müller lhe envie uma fotografia sua; um pedido atendido.

A partir daí, a correspondência durou 17 anos, com 71 cartas contabilizadas. Entre os assuntos discutidos por eles, nota-se que Darwin encomendava ao colega residente no Brasil muitas pesquisas sobre temas que não poderia investigar na Europa, como tucanos, orquídeas e bromélias. Devido às minuciosas observações da natureza feitas por Müller, Darwin apelidou-o de ‘príncipe dos observadores’.

Em carta de 31 de julho de 1867 endereçada a Müller (traduzida por César Zillig), Darwin deixa clara a relação de colaboração entre os dois naturalistas: “Suas cartas sempre me surpreendem pelo número de pontos para os quais o senhor atenta. Desejo que possa tornar minhas cartas de algum interesse para o senhor, pois dificilmente vi um naturalista viver uma vida tão retirada como o senhor vive no Brasil”.

As pesquisas encomendadas a Müller sobre dimorfismo sexual em vários animais da nossa fauna (características sexuais que não têm conexão direta com a reprodução, podendo ser órgãos sensoriais ou locomotores presentes apenas em machos ou fêmeas) foram importantes para que Darwin propusesse um novo conceito de evolução: o da seleção sexual, definida por ele como a vantagem reprodutiva que certos indivíduos têm sobre outros do mesmo sexo e espécie.

Essas contribuições científicas fizeram com que o naturalista inglês incorporasse o nome do colega alemão, bem como suas pesquisas no Brasil, nas edições posteriores de *A origem das espécies* e em seu livro *A origem do homem e a seleção sexual*, publicado em 1871.

E a recíproca não poderia deixar de ser verdadeira. Müller incorporou, em suas publicações, o conceito de seleção natural para propor, por exemplo, um novo tipo de mimetismo (fenômeno evolutivo em que dois organismos de origens diferentes desenvolvem características semelhantes em sua aparência como mecanismo de defesa, geralmente para confundir predadores), posteriormente denominado mimetismo mülleriano. Além disso, usou o conceito de multiplicação de espécies, que se diferenciam com o passar do tempo e evoluem de outras preexistentes, para justificar as variações encontradas em borboletas e plantas brasileiras.

Portanto, ao viabilizar o compartilhamento de pesquisas entre Brasil e Inglaterra, essa amizade estabelecida por correspondência contribuiu para o avanço do conhecimento associado à origem e evolução das espécies. **CH**

## NEM TUDO SÃO FLORES

*Gostaria de fazer dois comentários sobre o texto 'Nem tudo são flores' publicado na CH 328 (seção Opinião). O primeiro refere-se aos limites curtos de tempo exigidos pela Capes para realização de projetos de dissertação e tese. Já me pronunciei anteriormente sobre esse problema, que dificulta ou elimina a possibilidade de realização de muitas pesquisas que envolvem a observação de fenômenos naturais. O segundo é sobre o projeto em questão citado no artigo. A dificuldade em publicá-lo não é apenas por ter chegado a resultados nulos. Esse resultado já era previsível. O período de observação/coleta era claramente insuficiente para uma pesquisa de fenologia de plantas do cerrado, a área, muito reduzida e o número de indivíduos em idade de florescer, pelo dito, baixo.*

**Fernando Dias de Avila Pires**  
Departamento de Medicina Tropical,  
Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz/SC

## BACTÉRIAS E PROTOZOÁRIOS

*Bem didático o artigo 'Bactérias e protozoários' (CH 328). Apenas não concordo com o entendimento dos autores sobre a origem da ideia predominante na população sobre as bactérias. No ensino médio, o tema é apresentado de forma muito diferente do que se referir às bactérias simplesmente como seres que "provocam doenças ou estragam alimentos". Consultando qualquer livro didático que trate do tema nesse nível de ensino, veremos uma lista de importâncias ecológicas e econômicas para esses seres. Portanto, duvido que professores de biologia limitem sua aula sobre o tema e, tampouco, como sugerido na matéria. Acredito que a concepção reinante na população sobre esses micróbios resida no senso comum, amplamente disseminado nos meios de comunicação de massa.*

**Job Fonsêca**  
Professor de biologia no ensino médio

## CIGANOS

*Gostaria de sugerir que a Ciência Hoje falasse sobre os ciganos, destacando as pesquisas que revelaram sua origem na Índia.*

**Erico Tachizawa, por correio eletrônico**

**CH** A sugestão está anotada.

## ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

*Gostaria que me esclarecessem uma dúvida no artigo 'Iluminação artificial' (CH 327), quando os autores descrevem, no boxe 'Essência do LED: vencer barreiras', o seguinte conceito: "O que se denomina junção PN, onde praticamente não há nem elétrons, nem a ausência dessas partículas – essas ausências são denominadas buracos e se comportam como partículas com carga positiva".*

**Nevio Rigolin,**  
por correio eletrônico

**CH** Os autores do artigo, Eduardo Ribeiro de Azevedo e Luiz Antonio de Oliveira Nunes, respondem: A junção PN é uma estrutura de interface entre materiais denominados tipo P e tipo N. Para dar um exemplo específico do que acontece na formação dessa junção, vamos tomar o caso do semicondutor mais utilizado nos dispositivos microeletrônicos, o silício, mas a ideia geral é parecida para qualquer estrutura semicondutora. O silício é um átomo tetravalente, o que significa que ele tende a realizar quatro ligações químicas na formação dos materiais. Para produzir o que se denomina material do tipo N, realiza-se um processo de dopagem com impurezas pentavalentes, ou seja, capazes de realizar cinco ligações químicas como o fósforo, arsênio ou antimônio. A ligação do silício com o dopante pentavalente ocorre, mas para cada ligação

química sobra um elétron, que fica livre para migrar no material.

A produção do material do tipo P é feita utilizando-se um processo de dopagem com impurezas trivalentes (capazes de realizar três ligações químicas, como o boro, alumínio ou gálio). A ligação do silício com o dopante trivalente também ocorre, mas a ligação química é incompleta no sentido de que falta um elétron por ligação, o que se denomina então de buraco ou lacuna. Assim, como os elétrons podem migrar em um material tipo N, os buracos também podem migrar no material tipo P. Quando uma camada de material tipo P é depositada sobre uma camada de material tipo N, na interface entre eles ocorre migração de elétrons e buracos, de modo que os buracos do material tipo P são ocupados pelos elétrons do material tipo N. Isso produz uma região sem a presença de cargas livres (elétrons ou buracos), ou seja, uma região não condutora que impede a migração indefinida de elétrons e buracos entre os materiais tipo N e P. Em outras palavras, produz-se uma barreira de potencial.



FOTO DORA PEREIRA/IMAGES

## GENÉTICA ASSASSINADA

*Não vi o filme Hitman, agente 47 (seção Crítica, CH 330). De qualquer modo, é muito boa a iniciativa de criticar filmes!!! Eis um bom exemplo do que sempre proponho como divulgação da ciência. Parabéns. Cabe ressaltar que a crítica científica pode ser parte da crítica estética, mas não devem ser confundidas.*

**Marcus Azaziel**  
Comentário no Facebook/Ciência Hoje

**CH** Agradecemos a mensagem e informamos que a seção 'Crítica' começou a ser publicada em março deste ano.

Envie para nós seu comentário sobre qualquer texto publicado na *Ciência Hoje*. Sua opinião é importante. As mensagens devem ser encaminhadas para a Seção Cartas, no endereço eletrônico abaixo.  
cienciahoje@cienciahoje.org.br



FOTO CICERO RODRIGUES

**DESAFIO**

Por que o número de movimentos (trocas) que realizamos da configuração inicial para a final tem que ser, necessariamente, par?

Depois de anos aceitando os presentes miúdos que cabiam na meia pendurada, resolvi preparar a emboscada. A noite seria longa, mas eu tinha tempo... No início da madrugada, escuto os passos. Como sempre, Noel veio com seu fiel ajudante, Günther.

“Você sabe o que eu quero de presente, não?”, surpreendo o velhinho. “Sim, o que você pede todos os anos, ‘O Livro!’”, responde Noel, com tom de ironia, fazendo aspas no ar com os dedos. Estou me referindo ao famoso livro que o matemático húngaro Paul Erdős (1913-1996) dizia conter as demonstrações mais simples e elegantes de todos os teoremas da matemática. A chave para o conhecimento universal!

“Este ano, eu trouxe!”, diz Noel, abanando o livro no ar. Meu coração dispara. “Mas, antes,... você tem que resolver um problema!”, completa ele. “Eu sabia, eu sabia...”, murmuro.

Günther me arremessa um quadrado com peças que deslizam horizontal e verticalmente, no qual há uma casa vazia, que permite que as peças se movam. O objetivo do jogo é ordenar as peças de forma que as linhas fiquem (1, 2, 3, 4), (5, 6, 7, 8), (9, 10, 11, 12) e (13, 14, 15, X), onde o X é casa vazia.

Topo o desafio. Afinal, parece fácil: é só trocar o ‘15’ e o ‘14’ de lugar. Começo a mexer as peças, mas... Não consigo posicioná-las corretamente. “O tempo está passando”, diz o barbudo. “Tempo? Quem falou em tempo?”, interpele. “Acabou!”, diz o velhinho, que, em seguida, voa pela janela, com Günther pendurado no trenó, às gargalhadas, sacudindo o livro para mim.

Desolado, olho o brinquedo. De repente, uma revelação: é impossível ordenar as peças! E entendo o porquê. Quando consideramos um conjunto, podemos ordená-lo de várias maneiras diferentes. Por exemplo, o conjunto (1, 2, 3) pode ser ordenado como (1, 2, 3),

(1, 3, 2), (2, 1, 3), (2, 3, 1), (3, 1, 2) e (3, 2, 1). Dizemos que cada uma dessas configurações é uma permutação do conjunto inicial.

Essas permutações podem ser divididas em dois grupos: permutações pares e ímpares. As pares são aquelas obtidas por meio de um número par de trocas de elementos da configuração original. Exemplo: podemos ir de (1, 2, 3) para (2, 3, 1) com duas trocas: (1, 2, 3) → (2, 1, 3) → (2, 3, 1). De modo similar, as permutações ímpares são as obtidas por meio de um número ímpar de trocas. Note que não fazer nenhuma troca faz com que a configuração inicial seja considerada uma permutação par dela mesma, pois zero é par.

A mágica das permutações é a seguinte: executando um número par de trocas, jamais poderemos ir de uma permutação par a uma ímpar. Experimente: tente voltar da configuração (2, 3, 1) para a (1, 2, 3). Você verá que isso só é possível com um número par de trocas (2, 4, 6, 8 etc.).

Mas como isso se aplica ao nosso problema? Cada deslizada de peça equivale a uma troca em uma sequência. Então, nosso problema equivale a ir de uma configuração inicial – ímpar, pois nela foi feita uma só troca, a do 14 pelo 15 – para uma final – que, no caso, seria a configuração sem trocas (portanto, par) –, por meio de um número par de trocas (ver ‘Desafio’). Mas isso é impossível! Mais uma vez... Noel me enganou!

“Esse Noel... Se eu pudesse...”, digo, rangendo os dentes.

E, como sempre, fiquei sem ‘O Livro’. Mas, uma vez mais, aprendi algo interessante. E Boas Festas a todos! **GH**

**MARCO MORICONI**

Instituto de Física,  
Universidade Federal  
Fluminense

moriconi@cienciahoje.org.br

**SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO** Pelo grafo da coluna anterior, vemos que os cavalos mantêm a ordem cíclica deles, dois brancos e dois pretos. Portanto, não é possível colocar cavalos da mesma cor em uma diagonal.



FOTO: CICERO RODRIGUES

*As religiões são a sede de verdades inegociáveis e do absoluto, a vida prática é o lugar da relatividade e da contingência*

## HORROR

Os atentados que se abateram sobre Paris, no dia 13 de novembro de 2015, não deixaram dúvidas a respeito de seu significado imediato: cerca de 130 mortos, 100 feridos em estado grave e centenas de atingidos. Nada mais verdadeiro e inequívoco do que as marcas nos corpos, seja pela supressão das vidas ou pela inscrição na pele e na carne dos sobreviventes dos sinais impostos pelos perpetradores.

Há, ainda, danos – temo que irreparáveis – na forma de vida praticada tanto pelas vítimas reais quanto pelas potenciais. Essa distinção parece-me relevante. A seleção de vítimas, assim como a de amostras em pesquisas de opinião, foram aleatórias: foram atingidos os que estavam nos lugares escolhidos como alvos. Nenhum outro requisito parece-me ter sido levado em conta. Vale dizer, pois, que outros alvos teriam sido possíveis, outros os vitimados.

Amostras aleatórias de entrevistados em pesquisas, assim como as de pessoas destinadas a morrer, possuem uma característica comum: elas, como miniaturas, ‘representam’ o todo do qual foram distinguidas. Desse modo, 2 mil entrevistados são suficientes para detectar padrões de gosto ou tendências eleitorais; por maioria de razão, algumas centenas de vítimas reais valem por todo o universo de vitimados possíveis. Trata-se, em ambos os casos, de amostras abertas: ninguém poderá dizer que jamais será nelas incluído; ninguém está livre da inserção em estatísticas de pesquisas ou levantamentos; ninguém mais está a salvo de algo que parece exceder o termo ‘terrorismo’.

Atos dessa natureza são, no limite, não-elucidáveis. A multiplicidade de cadeias de causalidade que desaba sobre o evento desafia nosso entendimento. É importante, por isso, não perder a ‘perspectiva dos vitimados’: por maior que seja a incerteza a respeito das causas, há a certeza irrecusável dos efeitos sobre vidas e corpos. De fato, os mortos carregam consigo a verdade mais funda daquilo que foi propiciado pelos seus assassinos. Verdade, no entanto, tão irrefutável quanto muda, já que os que morreram sequer tiveram tempo para entender o que sobre eles

desabou. Esse é o sentido pleno da morte precoce e violenta, aquela que não está inscrita na estrutura de nossas expectativas e que, quando ocorre, não vem acompanhada da exibição de suas razões.

Qual a natureza do universo representado pela amostragem aleatória dos vitimados? A questão é crucial para determinar a natureza da guerra em curso. Se todos os atingíveis, quaisquer que sejam, constituem alvos pretendidos, tem-se uma guerra não contra conjuntos particulares de seres humanos – tal como dita a lógica tradicional da arte bélica – mas contra todos aqueles que participam de uma determinada forma de vida. No limite, é essa forma de vida que se apresenta como inimiga e cujas marcas mais fortes residem no princípio da laicidade e no da liberdade individual. A amostragem macabra denota um ânimo imparável de destruição dessa forma de vida.

Isso traz, de modo inevitável, indagações a respeito dos perpetradores. Muito sobre isso se diz, muito se dirá. Mas, o tema da religião parece incontornável. O filósofo francês Émile Durkheim (1858-1917), em seu clássico *As formas elementares da vida religiosa*, ensinou-nos o quanto as representações religiosas fixam no sobrenatural formas e valores presentes na vida social ou, se quisermos, nas formas de vida. Intuição que não escapara antes ao jovem alemão Karl Marx (1818-1883), em sua *Questão judaica*, quando indicou o quanto o sobrenatural prefigurado pelo social desaba sobre este, trazendo para a variedade e contingência da vida prática o absoluto das verdades religiosas.

É mais do que nunca tempo de reler guias intelectuais poderosos, tais como Marx e Durkheim. As religiões são a sede de verdades inegociáveis e do absoluto, a vida prática é o lugar da relatividade e da contingência. Se o absoluto desabar sobre a contingência, se cumprirá a profecia do genial lorde John M. Keynes (1883-1946): “Em longo prazo, estaremos todos mortos”, salvo – acrescento eu – a hipótese aleatória de que algo de ruim aconteça no curto prazo. Afinal, nada de mais onipresente do que o aleatório. **CH**

### RENATO LESSA

Fundação Biblioteca Nacional e Instituto de Ciências Sociais, Universidade de Lisboa  
renato.lessa@bn.br

Doe uma publicação  
do Instituto Ciência Hoje  
para uma escola e ajude  
a construir um futuro  
com mais conhecimento



# Seja um Amigo da Ciência

As escolas brasileiras precisam mais do que investimento público: é fundamental que a sociedade civil se dedique à formação de cidadãos mais conscientes e plenos, aptos a atuar nas mais diferentes áreas.

Por isso, estamos pedindo ajuda a nossos leitores de todo o Brasil: doe uma publicação do ICH para uma escola da sua preferência e ajude a levar mais ciência para a vida de crianças e jovens.

São várias categorias de doação, que incluem assinaturas das revistas *Ciência Hoje* e *Ciência Hoje das Crianças*, a coleção *Ciência Hoje na Escola* e outros livros publicados pelo ICH.



PARA PARTICIPAR LIGUE 0800 727 8999 OU

ESCREVA PARA [CIENTISTA.ESCOLA@CIENCIAHOJE.ORG.BR](mailto:CIENTISTA.ESCOLA@CIENCIAHOJE.ORG.BR)

ESSA CHUVA PODERIA  
REABASTECER  
O SUDESTE,  
RECUPERAR  
O SERTÃO E MATAR A  
**SEDE**  
DE MUITA GENTE.  
PENA QUE  
CAIU NO MAR.

*O planeta ainda tem muita água, mas menos de 1% dela está disponível para o nosso consumo. Por isso, não adianta só esperar pela chuva. Faça sua parte. Evite o desperdício.*