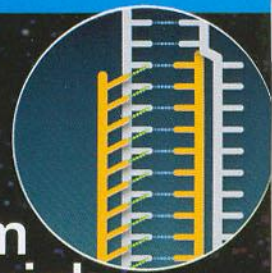


NEUROCIENTISTAS SE DEIXAM CATIVAR PELOS **TRUQUES DE ILUSIONISTAS**

SCIENTIFIC AMERICAN Brasil

**TRÍPLA
HÉLICE**
acena com
vida artificial

Janeiro 2009
www.sciam.com.br



tt
Duetto

Escolha o seu mundo entre os **exoplanetas**

Mais de 300 mundos já foram localizados em torno de diferentes estrelas da Galáxia, mas nenhum deles tem as características da Terra

Segredos de uma Lua Gelada

Encélado, Satélite de Saturno, Exibe
Vulcões de Gelo e Pode Abrigar Vida

Carros à Prova de Colisões

Indústrias Desenvolvem Estratégias
que Podem Substituir Condutores

Ano da Astronomia

Terá Palestras e Observações
Distribuídas pelo País Inteiro

ANO 7 nº 80 R\$ 10,90
Portugal € 4,90



30 CIÊNCIAS PLANETÁRIAS Novos Mundos se Revelam no Oceano Galáctico

Por Adam T. Hadhazy

Mais de 300 planetas extra-solares foram identificados em torno de estrelas da Via Láctea, mas nenhum revelou sinais de que abriga vida. A seleção de uma dezena deles mostra a diversidade de padrões desses mundos.

38 CIÊNCIAS PLANETÁRIAS O Mundo Agitado de Encélado

Por Carolyn Porco

Paisagens acidentadas e jatos emergentes da sexta maior lua de Saturno são indícios de abundância de água subterrânea e possível presença de vida.

48 BIOTECNOLOGIA Uma Molécula Capaz de Gerar Vida Artificial

Por Peter E. Nielsen

O ácido peptídico nucleico – um híbrido sintético de proteína e DNA – pode servir de base para uma nova classe de drogas e, talvez, para formas de vida artificial.

56 NEUROCIÊNCIA Mágica e Truques que Iludem o Cérebro

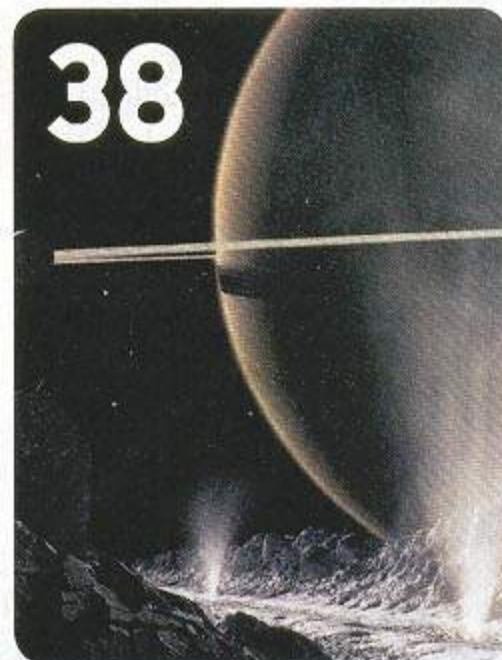
Por Susana Martinez-Conde e Stephen L. Macknik

Mágicos há séculos exploram os limites da cognição e da atenção. Agora, neurocientistas começam uma corrida em busca de um tempo perdido.

64 BIOLOGIA Engenho e Arte no Desenvolvimento de Asas

Por Nancy B. Simmons

Descobertas fósseis e genéticas elucidam a evolução dos morcegos, além de solucionar um antigo debate sobre as origens do voo e da ecolocalização.



NA CAPA

Planeta com 22 massas terrestres gira em torno da estrela Gliese 436, uma anã-vermelha a 30 anos-luz da Terra, nesta concepção artística. No interior da constelação do Leão, planeta orbita a estrela com período de apenas dois dias e meio, em lugar dos 365 dias da Terra.

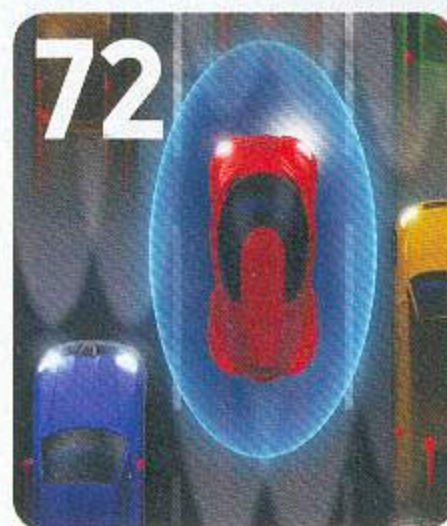
Imagem: ESA/Hubble. Refeita por Paulo Werner.

TECNOLOGIA AUTOMOTIVA

72 A Geração de Automóveis Anticolisão

Por Steven Ashley

A próxima geração de tecnologia de segurança veicular deverá produzir veículos que dificilmente irão colidir – e posteriormente poderão até dispensar motorista.



CRONOBIOLOGIA

82 Genes, Relógios e Sociedade

Por Cláudia Roberta de Castro Moreno, Fernando Mazzilli Louzada e Mário Pedrazzoli

Controle da ritmicidade circadiana depende de três fenômenos: geração de ritmicidade, propriedade demonstrada pela maioria das células do organismo, sincronização entre as células e ajuste dos ritmos aos ciclos ambientais.



ASTRONOMIA

88 O Legado de Galileu

Por Augusto Damineli e Tasso Napoleão

400 anos depois do uso pioneiro da luneta por Galileu, a União Astronômica Internacional, com apoio da Unesco, comemora o Ano Internacional da Astronomia. Brasil tem programação ampla e diversificada.



NESTE MÊS

SCIAM.COM.BR

Pesquisadores confirmam que a Via Láctea deverá colidir com nossa vizinha mais próxima – a galáxia de Andrômeda. Veja no site www.sciam.com.br, como esse encontro de dimensões galácticas poderá lançar o Sistema Solar para uma região isolada da Via Láctea ou transformar o Sol em uma estrela de Andrômeda. No site você se surpreenderá com os efeitos do gás utilizado pela indústria de semicondutores para limpar as câmaras onde são produzidos os chips de silício: o trifluoreto de nitrogênio. Esse gás contribui apenas com 0,04% para o



NOVAS SIMULAÇÕES indicam que daqui a dois bilhões de anos Andrômeda e a Via Láctea formarão uma única galáxia.

aquecimento global, mas sua capacidade de aquecer o planeta é 17 mil vezes maior que a do dióxido de carbono. Clicando no site da SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL você ainda poderá saber como o medo se manifesta, como é interpretado pelo cérebro e como reagimos a situações assustadoras, ameaçadoras ou preocupantes. Visite sempre o site da SCIAM, lá você encontra sempre as últimas notícias sobre ciência e acessa o blog do editor.

EDIÇÕES ESPECIAIS

UNIVERSO 1

O primeiro volume da série que integra a *Enciclopédia Ilustrada do Universo* traz uma abordagem abrangente e detalhada, preparando o leitor para explorações mais específicas em cada um dos quatro volumes seguintes.



UNIVERSO 2

No segundo volume está detalhada uma região muito especial do Cosmos: o Sistema Solar, localizado num dos braços da Via Láctea, a nossa galáxia e apenas um dos "universos-ilhas" que integram o Universo.



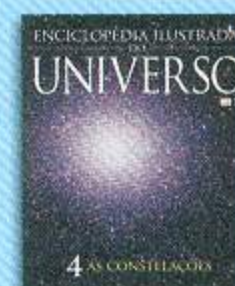
UNIVERSO 3

O terceiro volume da série aborda mais especificamente o reino das galáxias com detalhamento de formas, idade, natureza e, entre outros processos, as colisões que interferem na evolução dessas estruturas.



UNIVERSO 4

Aqui são descritas e detalhadas cada uma das 88 constelações em que o céu está dividido atualmente, com relatos de seus conteúdos. Você conhecerá em detalhes as constelações visíveis nos dois hemisférios.



UNIVERSO 5

Tanto observadores iniciantes no conhecimento do céu quanto veteranos nesse tipo de atividade se beneficiarão das cartas celestes que integram essa edição e que facilitam a navegação entre as estrelas.



6 Ponto de vista

8 Cartas

10 Memória

11 O que aconteceu com...

14 **Bloco de Notas**

- Pólos magnéticos
- Biodiversidade
- Humanóides
- Laboratórios marinhos
- Paradoxo das partículas
- Fundo cósmico
- Artefatos iraquianos
- Identificação de rostos
- Absorção do som
- Sacrifício entre formigas
- Mamíferos em extinção
- Fertilizantes ou explosivos



11



14



27



28 **Perfil – Shinya Yamanaka**

Ao descobrir como fazer células adultas voltarem ao estado embrionário, Shinya Yamanaka deu um grande passo para viabilizar terapias à base de células-tronco pluripotentes induzidas.

94 **Pergunte ao Especialista**

Como os peixes, na época da desova, voltam exatamente para a mesma corredeira onde nasceram?

96 **Como Funciona**

Sistema de Posicionamento Global

28



MASAFUMI YAMAMOTO New York Times/Reolux Pictures

ARTIGOS

26 **Telescópio**

Por *Ulisses Capozzoli*
Obscuridade lunar

27 **Desenvolvimento Sustentável**

Por *Jeffrey Sachs*
Prioridades para enfrentar a crise financeira

98 **Observatório**

Por *Lygia da Veiga Pereira*
Em busca do tempo perdido

94



96

Na Terra e no Céu



Observar um planeta extra-solar diretamente, ao menos por enquanto, é impossível. Mas você pode contemplar estrelas em cuja órbita alguns deles já foram con-

firmados. Neste mês de janeiro, por exemplo, não será difícil localizar Fomalhaut. Alfa da constelação de Peixe Austral e a 17ª estrela mais brilhante do céu, ela estará a aproximadamente 30° de altura no horizonte oeste logo após o anoitecer, e cada vez mais baixa no céu, à medida que a noite e as semanas avançam.

No leste, a aproximadamente 45° de elevação, será possível observar a pequena constelação do Pintor. Na extremidade norte dela, beta Pictoris cintila como um ponto quase apagado. Essa constelação é mais fácil de ser encontrada, pois está ao lado de Carina, onde brilha a majestosa estrela Canopus, o piloto da antiga constelação do Navio. Canopus é uma supergigante branco-amarela a 310 anos-luz de distância e 20 mil vezes mais luminosa que o Sol.

Vega, nesta data e horário, terá mergulhado no horizonte oeste no fim do dia e, assim, estará fora de observação.

Nessa viagem entre as estrelas talvez você venha a considerar a velocidade com que conceitos envolvendo formação planetária mudaram ao longo das duas últimas décadas. Com esse pipocar de mundos entre outras estrelas é possível imaginar que, um dia, numa data ainda difícil de se conceber, uma nave poderá decolar da Terra ou de um dos outros planetas do Sistema Solar numa viagem sem volta, tripulada ou não.

Por enquanto estamos restritos ao Sistema Solar, mas isso não significa que o resultado da exploração de sondas automáticas, como a Galileo, que gira em torno de Saturno, seja menos surpreendente. Um dos artigos desta edição trata da investigação de Encélado, uma das luas saturnianas que exhibe estranho vulcanismo de gelo e água. Encélado abriga formas de vida? Essa é uma das questões que os cientistas planetários sonham em decifrar logo.

Uma publicação com a abrangência de SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, no entanto, embora destaque alguns assuntos de capa, no

conjunto da edição abre espaços para abordagens muito distintas entre si. Essa escolha leva em conta critérios conjunturais. Planetas extra-solares, por exemplo, podem levar a uma profunda reformulação não só na astronomia, mas no corpo da ciência como um todo. Além disso, estão em estreita conexão com o trabalho de sondas em torno de Marte, Júpiter, Saturno e uma missão que segue para o ex-planeta Plutão. Por isso mesmo, são questões que não podem ser perdidas de vista.

O que não significa que outras questões sejam menos relevantes. Veja o caso do artigo sobre uma molécula capaz de produzir vida artificial, escrito pelo bioquímico dinamarquês Peter E. Nielsen. É um artigo um pouco complexo, mas que merece ser lido pelo profundo impacto capaz de provocar em curto espaço de tempo. Outra questão fascinante é o interesse de neurocientistas pelo trabalho de mágicos. Há não muito tempo, uma relação como essa talvez não fosse levada a sério. Neste momento, no entanto, é uma parceria de fronteira em pesquisas sobre o cérebro humano. E aqui estendemos a abordagem do cérebro com a contribuição de três pesquisadores brasileiros, tratando de cronobiologia.

E a saga dos morcegos, mamíferos equipados com asas e exímios rastreadores de presas com seus sofisticados sistemas de eco-sondagem? Refletir sobre a história dessas criaturas é quase redescobrir conceitos e reformular a visão cotidiana da vida. Um jogo de palavras envolvendo um trágico príncipe conterrâneo de Nielsen sugere que tudo é absolutamente novo sob o Sol. Ainda que a rotina cotidiana possa sugerir o contrário.

Os fascinados por automobilismo e o futuro dessas máquinas sedutoras podem viajar no futuro próximo para conhecer o carro à prova de colisão que está nascendo nos laboratórios de pesquisas dos fabricantes internacionais.

Para encerrar, detalhamos o que deve ser o Ano Internacional da Astronomia, em 2009, para comemorar os 400 anos do uso da luneta por Galileu. Boa leitura e um ano novo cheio de energia para enfrentar os desafios.

ULISSES CAPOZZOLI *editor*

Alguns Colaboradores



ADAM T. HADHAZY

Jornalista freelance em Nova York. Escreve para ScientificAmerican.com, Discover magazine, e Space.com.



CAROLYN PORCO

Diretora do Cassini Imaging Central Laboratory for Operations; recentemente recebeu da Associação Humanista Americana o prêmio de ciência Isaac Asimov.



PETER E. NIELSEN

Co-inventor do ácido nucléico peptídico; lidera o Center for Biomolecular Recognition no departamento de medicina celular e molecular da Universidade de Copenhague.



NANCY B. SIMMONS

Docente da divisão de zoologia de vertebrados e curadora em exercício do departamento de mamologia do Museu de História Natural da cidade de Nova York.



CLAUDIA R. DE CASTRO MORENO

Professora da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Realizou parte do seu doutorado no Institute for Circadian Physiology, em Boston, Massachusetts.



FERNANDO MAZZILLI LOUZADA

Doutor em neurociências e comportamento pelo Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo e pós-doutorado pela Harvard Medical School, em Cambridge, Massachusetts.



MARIO PEDRAZZOLI

Doutor em psicobiologia pela Universidade Federal de São Paulo, com pós-doutorado em Genética Molecular do Sono na Stanford University, Stanford, Califórnia.



AUGUSTO DAMINIELI

Coordenador do Ano Internacional da Astronomia 2009 no Brasil; professor titular do IAG-USP, onde foi chefe de departamento. Foi também presidente da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB).

ANTES DO BIG BANG

Universo Oscilante ■ Cobras-cegas ■ Colisor de Hádrons ■ Pirataria no Brasil



DEZEMBRO 2008

■ Universo Oscilante

Sou geógrafo, professor, pesquisador em meio ambiente e leitor da SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL desde a primeira edição. Achei a ed. 78, de novembro de 2008, muito interessante, embora essa questão de universo eterno e infinitas contrações e inflações não sejam novas. No entanto, independentemente do artigo, da revista ou dos autores, nunca encontrei resposta às seguintes questões: se o Universo aumenta e diminui, o que há na fronteira do Universo e além dele? Sobre o que ocorre a expansão? É lógico e racional pensar que houve uma primeira explosão – o Big Bang. Pois bem, de onde se originou a matéria dessa primeira explosão?

Anderson Chagas de Oliveira, RJ (por e-mail)

Nota da redação: Anderson, talvez não muito lógico nem tão racional assim. Afinal, a cosmologia integrou o corpo da ciência a partir dos anos 30. Nem faz sentido falar em “matéria da primeira explosão”. De qualquer maneira, a essência do artigo em questão está no questionamento de o Big Bang ser único ou compor uma série sem começo nem fim. Acessar idéias que estão fora de experiências cotidianas é um desafio maior que pode parecer à primeira vista. Sobre suas outras considerações: estes assuntos têm sido abordados em diferentes artigos de SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. Veja, por exemplo, a edição 7, de dezembro de 2002.

“É lógico pensar que houve uma primeira explosão – o Big Bang. Pois bem, de onde se originou a matéria dessa primeira explosão?”

– Anderson Chagas de Oliveira, Rio de Janeiro

■ Dados Sobre Cobras-cegas

Estou contentíssimo com os recentes artigos sobre física de ponta enfocando os pontos de vista tanto da gravidade quântica em loop quanto da triangulação dinâmica causal. Aproveito a oportunidade para fazer uma crítica a uma omissão no artigo da edição 78, de novembro, sobre as cobras-cegas. Ele não menciona dados fundamentais sobre o animal, como: do que se alimenta, em que habitats vive, quanto tempo vive etc. É uma falha dos autores, é claro, mas nesse caso, era obrigação da revista incluir um quadro no artigo com essas informações.

Luís Paulo Paradiso (por e-mail)

Nota da redação: Luís Paulo, um artigo, por melhor que seja, nem sempre consegue transmitir toda a informação desejada pelos leitores. Exatamente por isso temos uma seção (Para Conhecer Mais) com a intenção de complementar essas leituras. Você eventualmente consultou essas indicações?

■ Atlas Celeste

Ao ler a edição de SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL do mês de agosto, (ed. 77) encontrei em uma das páginas um lançamento de dois DVDs com o título “Planetário – Guia de observação do céu”. Com relação a esse lançamento, gostaria que vocês publicassem: a) uma revista ou Atlas celeste com as 88 constelações e seus objetos, como galáxias, aglomerados,

nebulosas etc.; b) uma carta celeste móvel ou para o hemisfério celeste Norte pois, há bastante tempo, estou procurando uma carta desse tipo; c) um anuário para 2009, igual àquele que foi lançado junto com a carta celeste para o hemisfério Sul, em dezembro de 2006, quando ainda se conseguia encontrar a revista *Astronomy Brasil* nas bancas. O que aconteceu com ela?

Jorge Luis Santos da Silva, Belém-PA (por e-mail).

Nota da redação: Jorge, ao menos parte de seus pedidos já está atendida. Você encontrará nas bancas a edição em fascículos de *Universo*, uma enciclopédia que trata de quase tudo que você solicita, publicada pela Duetto Editorial. Quanto à *Astronomy Brasil*, estamos considerando as chances de voltar a publicá-la.

■ Grande Colisor de Hádrons

No *Large Hadron Collider* (LHC) serão produzidas colisões que irão gerar energia suficiente para “criar” massa (matéria e antimatéria) a partir de energia. No entanto, há raios cósmicos que atingem a Terra e que possuem energia muito maior que a energia que será obtida nas colisões do LHC. Por que a energia desses raios cósmicos não é convertida em massa?

Kellen Manoela (por e-mail)

Nota da redação: No LHC, feixes de prótons são acelerados até uma energia de 14 TeV (teraelétron-volts = 10^{12} eV) e são forçados a colidir um contra o outro. Raios cósmicos de baixa energia (10^6 eV) são bastante frequentes no espaço. Cerca de 200 deles atingem 1 m^2 da Terra a cada segundo. No entanto, raios cósmicos de energia mais alta (10^{18} eV) são muito mais raros – por semana, somente um atinge 1 km^2 da superfície da Terra, aproximadamente. Além disso, seria extremamente improvável que raios cósmicos com essas energias colidissem frontalmente no espaço.

■ Pirataria no Brasil

No artigo “Fim da Privacidade” (ed. 77 de outubro de 2008), Daniel J. Solove cita a pirataria no Brasil. Talvez o autor não conheça nossa realidade socioeconômica para ter emitido essa opinião. Bastaria uma rápida visita a Londrina, Paraná, para essa constatação. Lá ele depararia com “camelódromos” institucionalizados, com a conivência da atual prefeitura. Ele não mencionou os DVDs piratas, que juntamente com outras mercadorias ostentando falsas marcas famosas, fazem parte dessa realidade.

Eliel da Silva, Londrina, PR (por e-mail)

■ Geometrias não-euclidianas

Gostaria de sugerir uma edição especial que abordasse a evolução de um ramo da matemática muito interessante, as geometrias não-euclidianas e a trajetória de vida dos matemáticos pioneiros que fundaram os pilares dessa fantástica área do conhecimento (Gauss, Janos Bolyai, Lobachevski, Riemann, entre outros). As geometrias não-euclidianas marcaram a quebra de paradigmas do pensamento humano, com proposições revolucionárias que propiciaram o desenvolvimento da teoria da relatividade geral, teoria das cordas e expandiram as fronteiras conhecimento matemático.

Sérgio Cardoso (por e-mail)

Nota da redação: Caro Sérgio, parte desses autores está em *Gênios da Ciência*, volume 12, publicado pela Duetto Editorial. De qualquer forma, sua sugestão é interessante. Vamos considerar.

■ Faltou o “i”

“No artigo sobre enxaqueca (ed. 76 de setembro de 2008), na página 51, quadro amarelo, 3ª linha, vocês esqueceram a letra “i” da palavra “primeiro” ficando escrito prmeiro”.

Elton da Costa (por e-mail)

DEVIDO À LIMITAÇÃO DE ESPAÇO, A REDAÇÃO TOMA A LIBERDADE DE ABREVIAR AS CARTAS MAIS EXTENSAS.

CENTRAL DE ATENDIMENTO AO ASSINANTE

Mudança de endereço, renovação, informações e dúvidas sobre sua assinatura
atendimento@duettoeditorial.com.br
Tel.: 11 2713-8100 (2ª a 6ª feira, das 8 h às 20 h)
Fax: 11 2713-8197

NOVAS ASSINATURAS

Solicitação de novas assinaturas pelo e-mail queroassinar@duettoeditorial.com.br pelo site www.lojaduetto.com.br ou pelo tel. 11 2713-8100 (central de atendimento)

NÚMEROS ATRASADOS

Podem ser solicitados à central de atendimento ao leitor pelo tel.: 11 2713-8100 ou pelo site www.lojaduetto.com.br

PUBLICIDADE

Para anunciar ou adquirir assinaturas patrocinadas publicidadesciam@duettoeditorial.com.br

REDAÇÃO

Cartas para o editor, sugestões de temas, opiniões ou dúvidas sobre o conteúdo redacaosciam@duettoeditorial.com.br

MARKETING

Parcerias e projetos especiais marketing@duettoeditorial.com.br

Nossas publicações

SCIENTIFIC
AMERICAN
Brasil
www.sciam.com.br

mente
cérebro

www.mentecerebro.com.br

HISTÓRIA
viva
www.historiaviva.com.br

ENTRE
LIVROS

www.revistaentrelivros.com.br

Cabelos & Cia
www.revistacabelos.com.br

ESTÉTICA
MODACABELO
www.esteticabrazil.com.br

OFFICIEL
www.lofficielbrasil.com.br

Defesa de Scopes ■ Terremotos Inevitáveis ■ Auxiliares de Limpeza Cósmica

Compilado por Dan Schlenoff

JANEIRO 1959

UMA VOZ PELO JULGAMENTO DE SCOPES –

“Aqui fala Clarence Darrow” dizia a voz do outro lado da linha, “suponho que vocês tenham lido os jornais e, portanto, sabem que Bryan e sua equipe estão processando o jovem Scopes. Bem, Malone, Colby e eu nos metemos numa encrenca ao oferecer defesa. Não sabemos muito sobre evolução. Não sabemos quem chamar para testemunhar. Mas sabemos que estamos lutando pela defesa da liberdade acadêmica. Precisamos da ajuda de vocês, alunos da universidade, por isso estamos pedindo que três voluntários venham ao meu escritório para elaborarmos um plano.” Naquela tarde, no escritório de Darrow, três de nós, da University of Chicago – Horatio Hackett Newman, professor de biologia; Shailer Mathews, reitor da Divinity School; e eu – nos encontramos para estabelecer uma estratégia para o que se tornaria um dos julgamentos mais alardeados do século. – Fay-Cooper Cole

OBSERVAÇÃO: Em 1925, Cole trabalhava como antropólogo em Chicago, quando John Thomas Scopes violou as leis do estado do Tennessee ao ensinar evolução aos alunos do curso médio.

NÚCLEO ATÔMICO – “Na verdade, nos últimos tempos, o problema tem sido a enorme quantidade de modelos diferentes (do núcleo). Alguns são bem-sucedidos para explicar o comportamento de núcleos em certas situações, mas outros têm uma aparente contradição com modelos bem-sucedidos, ou nossas idéias sobre forças nucleares. Nos últimos anos houve um grande progresso para colocar ordem nessa confusão e na compreensão da justificativa de cada modelo na área onde se aplicam adequadamente. Surge então um cenário em que vários modelos de núcleos, aparentemente contraditórios, são vistos como partes consistentes de um todo, cada um

EDIÇÃO DO AUTOMÓVEL, de 16 de janeiro de 1909: a página de trás continha este anúncio de página inteira, sofisticado e colorido para apresentar os carros motorizados da Pierce Arrow. A fábrica, conhecida pelos carros de luxo que produzia, parou de funcionar em 1938.

respondendo satisfatoriamente a certas questões sobre o comportamento de núcleos.” – R. E. Peierls

JANEIRO 1909

POR QUE TERREMOTOS? – “Com toda a certeza, um terremoto é um acontecimento necessário para o resfriamento gradual da Terra. Como o calor terrestre está diminuindo lentamente por estar sendo irradiado para o espaço, a Terra como um todo deve estar encolhendo lentamente. Conseqüentemente a crosta terrestre, de vez em quando, precisa se acomodar ao fato de que o planeta todo está lenta, mas inexoravelmente, se tornando menor. Mesmo um ligeiro deslocamento de uma placa extensa sobre outra poderia ser acompanhada de fenômenos violentos que superariam de longe a agressividade esperada para um deslocamento menor. Isso resultaria numa destruição indiscriminada de casas, cidades e até metrópoles, às vezes incluindo o sacrifício de vidas humanas.”

MADEIRA PARA O CAVALO DE FERRO – “A questão do suprimento de vigamento de nossas estradas de ferro está se tornando tão séria que o ramal de Santa Fé, recentemente, mandou o gerente do departamento de vigas e dormentes fazer uma viagem pelo Oriente e Europa, para conhecer as condições lá existentes. Ele aprendeu, entre outras coisas, que há 300 anos o governo japonês começou a preservar suas florestas; e que, como resultado dessa projeção de futuro, o Japão agora fornece vigamento para estradas de ferro dos Estados Unidos e México. Uma

The Pierce Arrow

WITHOUT forgetting that, after all, a motor car is a piece of machinery, the Pierce Arrow has never failed to offer its owner the highest luxury also.

Here is the Pierce Runabout, the same effective Pierce chassis, fitted with a smaller body, combining all of the efficiency of the Pierce engine with the convenience of a runabout.

Two Passenger Runabout	\$3,950	\$3,700
Three Passenger Runabout	\$4,100	\$3,750

THE GEORGE N. PIERCE COMPANY, BUFFALO, N. Y.

das evidências que constantemente se acumulam sobre a extravagante imprudência com a qual nosso excelente fornecimento de vigas foi cruelmente banido, é que estamos pagando 20% de impostos para sua importação.”

JANEIRO 1859

UTILIDADE DE COMETAS – “A questão sobre a função dos cometas esteve sempre em destaque na pauta dos especialistas. S.W. Fullom, conhecido autor de livros divertidos, sugere uma utilidade para os cometas em seu livro *Maravilhas da ciência: Descartes, Euler, e muitos outros acreditavam que existe um meio sutil permeando todo o espaço* – que eles chamavam de éter – que forma o oceano onde navegam os planetas e as estrelas fixas. Nesse meio os cometas agem como catadores de lixo cósmicos, evitando que o éter se acumule e mantendo-o em um estado de fragilidade estável, pois as forças da natureza, como a gravidade, eletricidade e luz sempre atuam com a mesma regularidade e precisão.”

Animais Transgênicos ■ Buracos Negros ■ Século do HIV ■ Pescaria Neandertal

Editado por Philip Yam

Animais Geneticamente Modificados

Após anos de expectativa, o FDA – organização americana responsável pelas autorizações de novos medicamentos e alimentos – lançou em setembro as normas preliminares para animais geneticamente modificados. A agência considera que carne clonada não oferece riscos à saúde e quer regulamentar animais transgênicos como faz com medicamentos. Produtores teriam de reforçar suas reivindicações e demonstrar que o consumo da carne transgênica é seguro. Associações de defesa de consu-



midores reclamam dizendo que o projeto não estabelece cláusulas para a rotulagem indicando que os produtos são de origem de animais geneticamente modificados e os testes de segurança podem ser feitos a portas fechadas, como é o caso de solicitação de medicamentos. A consulta pública sobre o projeto

terminou em meados de novembro, e deverão ser publicadas em breve as normas finais.

GALOS SEM PENA e outros animais transgênicos poderiam ser regulamentados como os medicamentos.

Sem Meio-Termo

Os astrônomos sabem que existem buracos negros gigantes no núcleo de galáxias e têm conhecimento também de versões comparativamente menores, formadas com o colapso de estrelas. Mas o que há entre os buracos negros? Essas versões intermediárias agora parecem particularmente raras. Acreditava-se que o melhor lugar para se esconderem era o centro de densos agrupamentos de estrelas chamados aglomerados globulares. Semelhantes a galáxias em miniatura esses aglomerados deveriam ter, aproximadamente, as dimensões de buracos negros, argumentam

cientistas.

Um recente exame no aglomerado RZ 2109 (direita),



entretanto, revela que ele abriga um pequeno buraco negro. Essa presença indica que RZ 2109 não tem um buraco negro de dimensões intermediárias, que poderia ter atraído o buraco negro menor. As descobertas foram publicadas no *Astrophysical Journal Letters*, de 20 de agosto. – Charles Q. Choi

Companheiro de Longa Data

A biópsia de um nódulo linfático, feita em 1960, em uma mulher que viveu onde é hoje Kinshasa, na República Democrática do Congo, continha traços do genoma do HIV-1. Comparações com seqüências de HIV existentes sugerem que o HIV manifestou-se em 1908, recuando em uma década a estimativa anterior baseada em uma amostra de sangue infectado coletada na mesma cidade em 1959. A descoberta, publicada pela *Nature* de 2 de outubro, sugere que rotas comerciais podem ter contribuído para o aparecimento do vírus, que muito provavelmente se originou entre chimpanzés na República de Camarões, a centenas de quilômetros de Kinshasa. O conhecimento da origem do HIV poderia resultar em terapias mais adequadas para a Aids (ver “Dossiê Aids”, *SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL*, nº 79, dezembro de 2008).

Neandertais Espertos

Nossos primos da Idade do Gelo, os Neandertais, não eram tão tolos quanto acreditavam os cientistas. Esta percepção levantou a questão: por que eles se separaram do *Homo sapiens*? Alguns especialistas argumentaram que o *Homo sapiens* competia com os Neandertais explorando uma variedade maior de alimentos, pois estes buscavam sua subsistência, na maioria das vezes, em mamíferos terrestres perigosos, como rinocerontes lanudos. Porém pesquisadores afirmaram em artigo publicado em 23 de setembro no *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nos Estados Unidos, que Neandertais que viviam em dois locais da costa de Gibraltar – Caverna Vanguard e Caverna Gorhams – comeram regularmente moluscos, peixes, focas e golfinhos por milhares de anos. Considerando que os Neandertais aparentemente foram capazes de formular estratégias de caça e coleta tão avançadas quanto as desenvolvidas por humanos modernos e que viveram mais tarde nos mesmos locais, o segredo do sucesso do *Homo sapiens* continua um mistério.

– Kate Wong



PESCARIA PERDIDA: Em Gibraltar, as cavernas Gorhams (no centro) e Vanguard (à direita) contêm restos de animais marinhos cuja carne foi consumida pelos Neandertais.

GEOFÍSICA

A Viagem Acelerada dos Pólos

Geofísicos se surpreendem com deslocamento acentuado dos pólos magnéticos da Terra **POR ARACY MENDES DA COSTA**

Geofísicos e especialistas em geomagnetismo têm demonstrado interesse crescente em relação ao processo geomagnético e, particularmente, com o deslocamento acelerado dos pólos magnéticos ou pólos (“dip”) da Terra – cada um dos dois pontos da superfície da Terra onde a componente horizontal de campo magnético se anula.

Dados recentes sobre o deslocamento do pólo magnético ártico revelam que esse ponto viajou mais de 120 km no período de 1973 a 1984, e 150 km durante o intervalo de 1984 a 1994, indo do norte do Canadá em direção à Sibéria. No entanto, o caminho que o pólo magnético antártico segue é o que mais intriga os especialistas. Desde 1885 esse pólo já viajou mais de mil quilômetros em direção ao oceano Índico.

O pólo norte magnético (PNM) se encontra atualmente localizado no oceano Ártico canadense e se move para noroeste, enquanto que o pólo sul magnético (PSM) se localiza na costa antártica, ao sul da Austrália. Pesquisadores relatam que a velocidade de deslocamento do pólo magnético norte duplicou nos últimos 30 anos. Modelos recentes, que calculam as variações do campo magnético terrestre, a partir de medidas feitas a bordo de satélites, mostram que a velocidade de deslocamento do PNM ultrapassou os 50 km/ano

TRAJETÓRIA DO PNM a partir de medidas no solo (pontos pretos), de modelos computacionais baseados em dados de satélites (pontos vermelhos) e previsão para os próximos anos (pontos verdes).

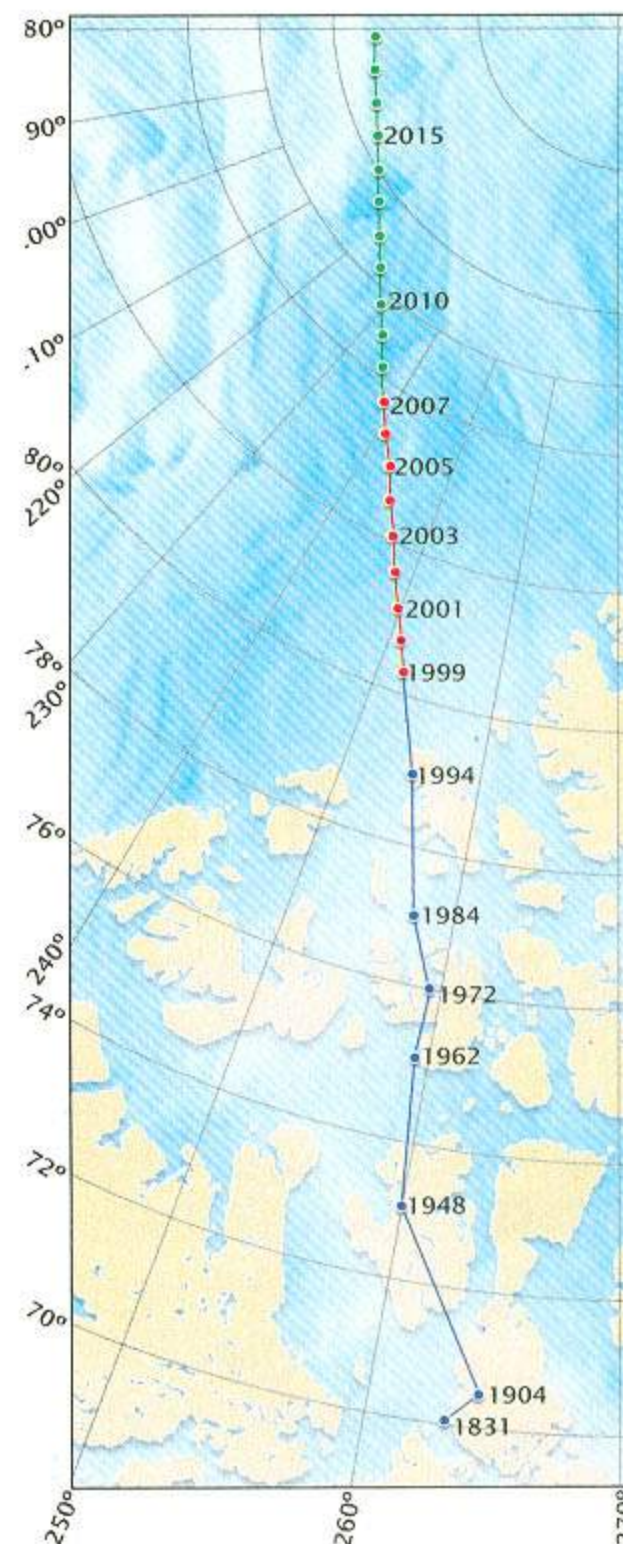
em 2000, atingindo quase 60 km/ano em 2003. Desde então sua velocidade permanece em torno de 50 km/ano. Já o PSM tem mantido sua velocidade de deslocamento em torno de 5-10 km/ano.

Apesar de intrigante, essa aceleração não alarma. Os especialistas são unânimes em afirmar que o processo atual exibe exatamente o mesmo comportamento observado em paleoinversões anteriores do campo geomagnético.

Os pesquisadores acreditam que o campo magnético terrestre é mantido graças a um processo auto-sustentado, conhecido como geodínamo, no qual a energia cinética do movimento convectivo do núcleo líquido é convertida em energia magnética. Como não é possível penetrar as profundezas da Terra para observar o processo *in loco*, foram desenvolvidos sofisticados modelos computacionais para simular as configurações do campo e suas inversões.

Analisando esses modelos, os cientistas descobriram que os novos campos magnéticos gerados pelo geodínamo normalmente se alinham na direção do campo existente, mas de vez em quando, perturbações distorcem o campo criando pequenas instabilidades. Se essas instabilidades assumirem proporções globais poderá ocorrer uma inversão de polaridade.

Não há registros de inversões nos últimos 780 mil anos, porém estudos paleomagnéticos indicam que, nos últimos 10 milhões de anos, aconteceram inversões a cada 200 mil anos aproximadamente. Isso significa que esta era



está sendo incomumente estável, o que significa que uma inversão não está descartada.

Uma coisa é certa: uma inversão não ocorre repentinamente. Inversões polares são fenômenos que ocorrem em escalas de tempo geológico, medido em eras, com milhares de anos; são registros remanescentes do período de formação do Sistema Solar que permanecem vivos na Terra e são difíceis de medir, pois demandam observações confiáveis de longo prazo para previsões mais consistentes.

Deslocamento Polar

Prever a variação temporal do campo magnético terrestre é um grande desafio dada a natureza caótica dessa estrutura. No entanto, tendo em vista o deslocamento regular do PNM nos últimos 10 anos, assumindo uma velocidade constante de 50 km/ano, e seguindo na mesma direção de 2007, os cientistas prevêem que, em 2018, o PNM estará a cerca de 400 km do pólo norte geográfico.

BIODIVERSIDADE

Batalha Verde

A ciência sofre quando os países tratam sua fauna e flora como mercadorias **POR LINDA BAKER**

Nos últimos três anos, Vicki Funk, botânica do Smithsonian Institute, tem tentado sem sucesso transferir espécimes selecionadas de folhas do Brasil para o U.S. National Herbarium para identificação. A comparação de plantas relacionadas entre si “é o café com leite da sistemática”, justifica ela. “Precisamos de material de outros lugares.” Mas à medida que a biodiversidade se torna uma mercadoria valiosa, países em desenvolvimento têm dificultado as tentativas de coletar e analisar amostras biológicas, queixa-se Funk: “Não importa se é um pesquisador, ou uma companhia farmacêutica. Ambos são tratados da mesma forma”.

Em 1992, os dois objetivos do Acordo sobre Diversidade Biológica das Nações Unidas, assinado por mais de 150 países, eram preservar a biodiversidade e assegurar que países tropicais fossem compensados por qualquer “recurso genético” que resultasse em descoberta de novas drogas por nações desenvolvidas. Mesmo com a confirmação desses objetivos na conferência realizada no primeiro semestre em Bonn, Alemanha, cientistas continuam a criticar as diretrizes provenientes do acordo. A alegação é que o acordo internacional, que concedeu aos países a propriedade sobre plantas e animais em seus territórios, está obstruindo e dificultando a pesquisa e a conservação ambiental.

“A convenção sobre biodiversidade argumenta que plantas e outros microrganismos são entidades soberanas que devem ser tratadas com aprovação de transação comercial”, observa Josh Rosenthal, vice-diretor do Centro Internacional Fogarty, do Departamento de Saúde e Serviços Humanos. Como resultado, “o sistema global de colaboração científica mudou”, e as condições para pesquisa se tornaram mais difíceis.

Cientistas ocidentais não estão sozinhos nessa interpretação. A edição de janeiro de 2008 de *Current Science*, publicação da academia de ciências indiana, inclui um artigo censurando os “grilhões” que a lei indiana

de biodiversidade impõe aos cientistas locais – como a proibição de depositar espécimes em coleções internacionais. “Precisamos destacar a importância de compartilhar recursos biológicos entre as nações”, enfatiza K. Divakaran Prathapan, co-autor do trabalho e entomologista da Universidade de Kerala.

Certamente, devido a um histórico de ações abusivas, os países mais pobres têm toda razão de questionar o trabalho científico conduzido em nome de países industrializados. Em 1995, por exemplo, os Estados Unidos concederam uma patente para a curcuma ou açafrão-da-índia a dois doutores da University of Mississippi – apesar de as propriedades antiinflamatórias da planta terem sido documentadas como parte da tradição ayurvédica indiana por séculos. “Foi a patente mais ridícula que já vi”, admite o professor de botânica da University of Arizona, David Gang.

Depois de uma série de protestos na Índia, a patente foi revogada. Gang observa que gostaria de ver um consórcio global de laboratórios trabalhando no sequenciamento do genoma da curcuma – nos moldes do bem-sucedido Projeto Internacional de Sequenciamento do Genoma do Arroz, que foi concluído em 2004. “Mas não há possibilidade de colaboração com ninguém na Índia”, lamenta.

Planejadas para evitar a exploração, as leis de propriedade botânica impedem que países em desenvolvimento tenham oportunidade de formar sua própria infra-estrutura científica, argumenta Art Edison, da University of Florida, que está organizando um projeto para analisar a atividade no solo em uma reserva peruana. “O problema é que as pessoas estão tão concentradas na possibilidade remota de descoberta de uma droga que não consideram os benefícios práticos de atrair recursos para a pesquisa como, por exemplo,

CONTROVÉRSIA SOBRE A COLETA: acordo envolvendo biodiversidade para proteção de recursos naturais dos países emergentes dificulta troca internacional de espécimes. Experiências frustradas no passado estimulam desconfiança entre países em desenvolvimento.



treinamento de estudantes locais e montagem de laboratórios”, ele explica. Os empregos gerados, por sua vez, ajudariam a substituir o desmatamento e outras ações destrutivas.

O Peru e seus vizinhos têm alguns dos critérios mais rigorosos do mundo contra a coleta e transferência de material biológico. “Quando entrei no projeto estava concentrado na ciência”, lembra Edison. “O pavor da “biopirataria” foi completamente surpreendente.”

Há alguns progressos positivos. Estimulado por seus próprios cientistas, o governo brasileiro implantou no ano passado um sistema de expedição de licenças para coleta de material biológico para pesquisa científica – embora solicitações que envolvam áreas de conservação ou a exportação de amostras biológicas estejam excluídos do novo sistema.

Ao mesmo tempo que os países renovam seu comprometimento com o acordo da biodiversidade, “muitos estão restringindo as normas”, ressalta Phyllis Coley, professora de botânica da University of Utah. O Panamá, por exemplo, costumava ter uma atitude bastante liberal com relação a cientistas estrangeiros, mas agora está elaborando uma legislação mais restritiva. Enquadrar a biodiversidade em termos de fronteiras políticas e soberania de propriedade intelectual deveria encorajar a preservação, observa Funk, do Smithsonian. “Temos de preservar a vida tal como ela é.”

PERCEÇÃO

No Vale Estranho

Pesquisadores avaliam melhor o medo dos quase humanos POR GARY STIX

A série da TV americana aclamada pela crítica, *30 Rock*, que estreou em outubro de 2006 na NBC, tem um episódio em que a apresentadora do show, Tracy Jordan, planeja criar um videogame pornográfico. Frank Rositano, que escreve sobre a fantasia dos bastidores de um programa humorístico como o *Saturday Night Live*, informa Jordan de que o jogo certamente seria um fiasco por causa do chamado vale estranho. Ele até apresenta um gráfico para demonstrar a razão do fracasso.

Especialistas em robótica têm debatido o vale estranho por mais de 35 anos – e mais recentemente especialistas em computação gráfica se juntaram a eles para discutir se suas criações vão acabar assustando as pessoas. Concebido em 1970 pelo roboticista japonês Masahiro Mori, o conceito sugere que enquanto figuras humanas abstratas ou caricaturas trazem empatia imediata, robôs e animações semelhantes a humanos (mas não idênticos) provocam uma sensação de desconforto.

Em um robô com aparência humana, ou numa animação, um movimento rígido de braço ou de olhos – ou talvez um gesto paralisado ao dar um beijo no jogo pornô da Tracy Jordan – cria uma sensação desconfortável. Esse sentimento é representado por uma queda brusca no gráfico, um “vale estranho” onde o nível de conforto do observador com o personagem artificial diminui drasticamente. Na visão de Mori, uma subida completa fora do vale ocorre somente quando os robôs se tornam indistinguíveis dos humanos.

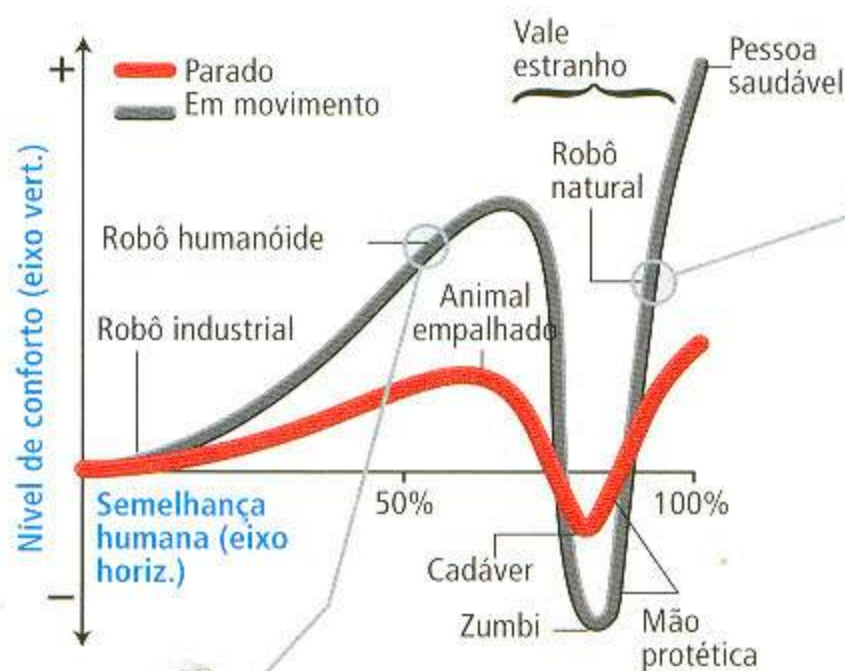
Mori recomenda que os projetistas de robôs evitem sempre criar reações desconfortáveis construindo robôs que não sejam cópias de humanos, idéia que tem sido às vezes adotada como princípio básico pelos roboticistas. Outros projetistas, no entanto, ignoram as advertências de Mori. Atualmente é possível construir cabeça ou corpo de robôs recobertos com pele bastante real para enganar humanos, ao menos em parte

(ver “Perfil” por Tim Hornyak; SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, junho de 2006). A camada de silicone que produz esse efeito convincente, na verdade se tornou o recheio de bonecas para fins sexuais, de US\$ 6.500.

À medida que os robôs começaram a se parecer mais com seus criadores, os pesquisadores se perguntaram se o vale estranho realmente existe. O gráfico de Mori não teve como base dados experimentais – e estudos recentes, que mapearam reações a robôs semelhantes a humanos, produziram resultados conflitantes. David Hanson, da Hanson Robotics, em Richardson, Texas, descobriu que as várias reações das pessoas a robôs ou animações antropomórficos não dependem do nível de realismo; ao contrário, dependem do fato de o robô ter uma aparência estética inerentemente as-

sustadora. Frankenstein evocava uma reação repulsiva, não por sua semelhança com um ser humano, mas porque era muito feio. Evitar intencionalmente formas humanas realísticas, como Mori sugeriu, não assegura qualquer proteção. “Um vilão ou desenho de Disney pode ser muito abstrato e ainda perturbador”, avalia Hanson.

O vale estranho pode não ser uma representação exata da percepção das pessoas do bizarro, mas alguns estudos fornecem base para a intuição de Mori. Ao realizar experimentos para explicar o vale, pesquisadores perceberam que, à medida que um robô ou animação se torna mais realista, a liberdade de ação que os designers têm para mudar o tamanho, digamos, dos olhos ou da cabeça diminui. “À medida que cons-



O VALE ESTRANHO mostra como o nível de identificação com um robô ou outras figuras cai se a representação for semelhante – mas não idêntica – a uma pessoa saudável. Um exemplo de robô humanoide é o Asimo da Honda (esquerda); “Actroid” da Kokoro (direita) representa um robô natural.



truímos robôs mais parecidos com humanos, mais estreita se torna a faixa de formas que ainda seriam aceitáveis”, justifica Karl MacDorman, professor da Indiana University, que atribui essas reações a aversões inatas, a traços que poderiam estar ligados a saúde debilitada ou falta de fertilidade.

Quanto mais os humanos tentam metamorfosear-se, mais complexa se torna a ciência da estética. “Como iremos nos comportar quando as pessoas não tiveram a aparência familiar, não por causa de problemas físicos ou comportamentais, mas devido a melhorias físicas e comportamentais?” pergunta Jamais Cascio, consultor do Instituto para o Futuro. A protética e a engenharia genética podem mudar a aparência; até mesmo cirurgias cosméticas podem revelar uma inquietante recordação do vale. Um blogueiro colocou Madonna – depois de cirurgia facial corretiva, injeções de Botox e retoques fotográficos – no ponto exato do gráfico de Mori, antes ocupado por deficientes físicos e próximo do fundo do vale (atualmente substituído por uma mão protética por ser mais correto). Robôs, humanos, quem sabe talvez até Mickey Mouse, todos parecem destinados à grande vala de Mori.

O Expresso Assustador

A indústria cinematográfica tem consciência dos riscos de humanóides entre o público. Após ter trabalhado como principal animador em *O expresso polar* (abaixo), filme criticado por provocar desconforto no público, Kenn McDonald e sua equipe da Sony Pictures Imageworks, assistiram ao filme outras cinco vezes e, nos projetos seguintes decidiram animar os pequenos e rápidos movimentos dos olhos, os movimentos sacádicos. “Se conseguirmos reproduzir o movimento dos olhos corretamente podemos amenizar a reação do público”, avalia McDonald. Sem se referir especificamente ao vale estranho do robocista Masahiro Mori à Pixar Animation Studios aceita suas recomendações. “Se o objetivo é a criação de humanos realísticos”, considera, Ralph Eggleston, designer de produção da Pixar, “se as coisas não estiverem corretas, corre-se o risco de o público se afastar da história.”



Aumente suas chances no mercado de trabalho.

Faça um curso de **Pós-Graduação**
na **FESPSP**

Cursos Lato Sensu em:

- Globalização e Cultura
- Política e Relações Internacionais
- Sócio-Psicologia
- Gestão Pública
- Meio Ambiente e Sociedade
- Gerência de Sistemas e Serviços de Informação
- Pesquisa de Opinião Pública e de Mercado
- Gestão de Documentos de Arquivo

INSCRIÇÕES ABERTAS!

0800 7777 800 ou
www.fespsp.org.br/pos



Fundação Escola de
Sociologia e Política
de São Paulo

FESPSP
75 anos

OCEANOGRAFIA

Estações Marítimas

Quase prontos: observatórios submarinos permanentes **POR BARBARA JUNCOSA**

Para estudar os oceanos, cientistas contam com uma rede de satélites em órbita e embarcações de superfície. Mas os instrumentos no espaço não podem mergulhar fundo no mar e o custo-hora de navios continua caro e escasso. Esses problemas, combinados com a crescente necessidade de compreender as alterações globais, estimulou pesquisadores a criar a Atividade de Observatórios Oceânicos (OOI em inglês) – um projeto de US\$ 330 milhões que prevê uma nova geração de estudos oceanográficos.

A OOI baseia-se em uma infra-estrutura que deverá funcionar durante 25 ou 30 anos. Uma perfeita compreensão das massas de água globais e de como elas reagem às mudanças climáticas exige o registro de observações durante décadas, avalia Uwe Send, oceanógrafo-físico do Instituto Scripps de Oceanografia em La Jolla, Califórnia. Mas muitos eventos importantes acontecem de repente, como tempestades, marés vermelhas e terremotos; portanto, sensores permanentes devem estar prontos para registrá-los.

O sistema previsto combina dispositivos estáticos com sensores móveis. Ancorados no fundo do mar, servirão de base para um conjunto de instrumentos que se deslocam verticalmente ao longo de cabos esticados e medem vários parâmetros desde a superfície até o fundo. Veículos submarinos autônomos deslizam para fora dos ancoradouros, percorrendo trajetórias pré-programadas, registrando detalhes de aspectos físicos, químicos e biológicos de amplas áreas ao redor.

Os investigadores planejam ancorar três conjuntos nas regiões polares, onde a mudança climática pode afetar intensamente a formação de gelo e correntes oceânicas. Em torno de Cape Cod, Massachusetts, um conjunto semelhante deve monitorar ecossistemas vitais

para a pesca local durante cinco anos. Após esse período, os ancoradouros serão deslocados para estudar outros ecossistemas costeiros, incluindo o golfo do México.

Talvez o aspecto mais ambicioso do projeto seja o planejado para o noroeste do Pacífico, onde uma placa tectônica inteira – a placa Juan de Fuca – será cercada com sensores para monitorar seus movimentos, atividade vulcânica resultante e terremotos. Utilizando cabos de fibra óptica que fornecem energia e comunicação nos dois sentidos, instalados no fundo do mar, de seus laboratórios os cientistas poderão fazer ajustes imediatos automaticamente, à medida que eventos forem ocorrendo na placa.

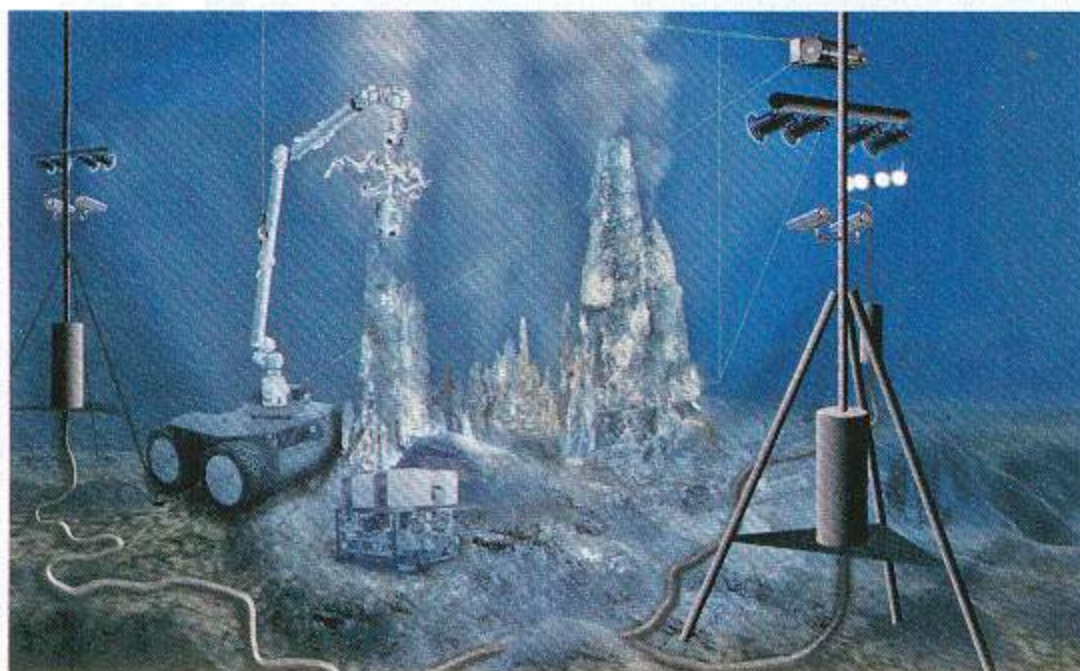
Pela primeira vez pesquisadores poderão observar fenômenos extremos que moldam o planeta em tempo real, considera John Delaney, oceanógrafo-físico da University of Washington. Utilizando robôs – conjunto de sensores e câmaras de alta definição – acrescenta ele, pesquisadores estabelecerão uma telepresença sem precedentes mesmo nos mais perigosos ambientes das profundezas oceânicas.

Além disso, será possível baixar informação da rede imediatamente – e gratuitamente –

através de interface “do tipo iTunes”, ressalta o geólogo do Scripps, John Orcutt. Ele acredita que a abordagem permitirá que laboratórios virtuais despontem na internet. Em um área imersa na cultura da propriedade de informação, esse acesso livre pode ser difícil de ser aceito, observa Holly Given, diretor do OOI Consórcio para Liderança Oceânica em Washington, D.C. A esperança é que a informação disponível a todos leve a novos algoritmos para modelagem de mudanças oceânicas. Os organizadores também esperam que os textos para leitura, que poderão ser usadas para criar jogos interativos, proporcionem opção para o público aprender mais sobre os oceanos.

Embora a OOI tenha surgido de um movimento iniciado no final dos anos 80, agora o clima é de urgência, se os Estados Unidos quiserem permanecer na liderança da pesquisa oceanográfica. “Nos últimos 10 anos, quase todos os países desenvolvidos com acesso ao mar estão fazendo pesquisas ou se preparando para isso”, analisa Delaney. De fato, pesquisadores canadenses já deram um passo à frente ao planejar a instalação de sensores no terço setentrional da placa Juan de Fuca, e a China recentemente apresentou planos ambiciosos de instalar observatórios em suas águas costeiras.

Os Estados Unidos iniciaram seus trabalhos preliminares em agosto passado – mapeamento do leito oceânico noroeste do Pacífico, para identificar locais para instalação dos cabos de fibra óptica. A construção deverá começar em alguns anos, dependendo da inclusão do projeto no orçamento de 2010 da National Science Foundation. Com observatórios submarinos permanentes, cientistas poderão, em breve, usar literalmente as pontas dos dedos para desvendar segredos oceânicos.



DESAFIANDO AS PROFUNDEZAS: Concepção artística de um laboratório no fundo do mar examinando pilares de chaminés hidrotermais na placa de Juan de Fuca, no oceano Pacífico. A intenção do projeto Observatórios Oceânicos é distribuir laboratórios por toda a placa para obtenção de dados em tempo real.

FÍSICA

Crise Quântica

Descoberta nova estranheza quântica: bolas que não rolam por despenhadeiros **POR GEORGE MUSSER**

Uma boa definição da mecânica quântica é considerar que se trata de uma área onde as coisas acontecem exatamente ao contrário do que se espera. O espaço vazio está cheio, partículas são ondas e gatos podem estar vivos e mortos ao mesmo tempo. Recentemente um grupo de físicos estudou um outro enigma quântico. Pode-se inocentemente imaginar que uma partícula rolando sobre uma mesa, ao chegar à borda, cairá. Puro engano. Na verdade, uma partícula quântica sob as condições corretas permanece na mesa e rola de volta.

Esse efeito é o oposto do bem conhecido – e não menos espantoso – fenômeno de tunelamento. Se chutarmos suavemente uma bola de futebol ladeira acima, ela volta rolando ladeira abaixo. Mas se chutarmos uma partícula quântica ladeira acima com a mesma velocidade, ela sobe e continua. A partícula terá “tunelado” para o outro lado – embora nenhum túnel real esteja envolvido. Esse processo explica como partículas escapam dos núcleos atômicos, produzindo o decaimento radioativo alfa. E é assim que funcionam muitos aparelhos eletrônicos.

No tunelamento, a partícula pode fazer coisas que uma bola não faz. Inversamente, a partícula é incapaz de fazer coisas que uma bola sempre faz. Chutando uma bola de futebol em direção à borda de um penhasco, ela vai mergulhar no precipício. Mas ao se chutar uma partícula em direção à borda, ela pode rebotar. A partícula age como um pequeno robô de brinquedo que percebe a borda da mesa, ou o degrau da escada, e muda de direção. Mas a partícula não tem mecanismo interno para orientá-la. Ela age naturalmente de modo inverso ao que as forças que atuam sobre ela indicariam. Os pesquisadores responsáveis por essa análise – Pedro L. Garrido da Universidade de Granada, na Espanha, Jani Lukkarinen da Universidade de Helsinque, na Finlândia e Sheldon Goldstein e Roderich Tumulka, ambos da Rutgers University, em Nova Jersey – chamam esse fenômeno “antitunelamento”.



REFLEXÃO: Assim como a superfície pode refletir ondas luminosas em direção ao fundo do mar, a borda de uma mesa pode repelir uma onda quântica (que descreve uma partícula) de volta para a mesa, impedindo que ela role para fora.

Nos dois casos a explicação está na natureza ondulatória das partículas, que reflete o fato de as partículas quânticas terem uma localização ambígua. A onda descreve a faixa de posições onde a partícula pode ser encontrada e exibe um comportamento semelhante ao de ondas comuns como as ondas sonoras. Sempre que uma onda encontra uma barreira que não seja perfeitamente rígida, parte dela penetra a barreira, ainda que com intensidade reduzida. Se a barreira não for muito espessa, a onda pode emergir do outro lado. Isso é análogo ao tunelamento.

No caso do antitunelamento, sempre que uma onda encontra uma mudança brusca de condições – mesmo que seja mais favorável à sua propagação – parte dela será refletida de volta. Esse efeito se assemelha ao caso do mergulhador que, ao olhar para cima, vê a superfície do mar como se fosse um espelho. Para ser suficientemente brusca, a distância onde ocorre a mudança de condições deve ser menor que o comprimento da onda (no caso de uma partícula, relacionado ao momento). Se a mudança for gradual, a onda simplesmente continuará seu

caminho e a partícula acaba se comportando como uma bola de futebol.

Garrido e seus colegas efetuaram uma análise numérica para descartar a possibilidade de que o fenômeno pudesse resultar de suposições idealizadas. Eles também calcularam quanto tempo a partícula levaria rolando pela mesa até despencar pela borda. O resultado foi que, quanto mais alta a mesa, mais tempo de rolamento. David Griffiths, do Reed College – autor de um livro de introdução à mecânica quântica, “bastante conhecido – chama essa particularidade de “uma gracinha de paradoxo”. O físico Frank Wilczek, do Massachusetts Institute of Technology, comenta: “Essa é uma análise consistente e aponta um fenômeno interessante de que eu não tinha conhecimento”.

O antitunelamento pode ter aplicações na construção de armadilhas para partículas em laboratório, na descrição do decaimento nuclear ou na exploração dos fundamentos da mecânica quântica, mas seu principal atrativo é lembrar aos cientistas como uma teoria com quase um século de idade não perdeu nada de sua capacidade de surpreender.

COSMOLOGIA

Mergulhando no Vazio

A missão Planck promete desvendar a inflação e outros segredos cósmicos **POR DAVID APPELL**

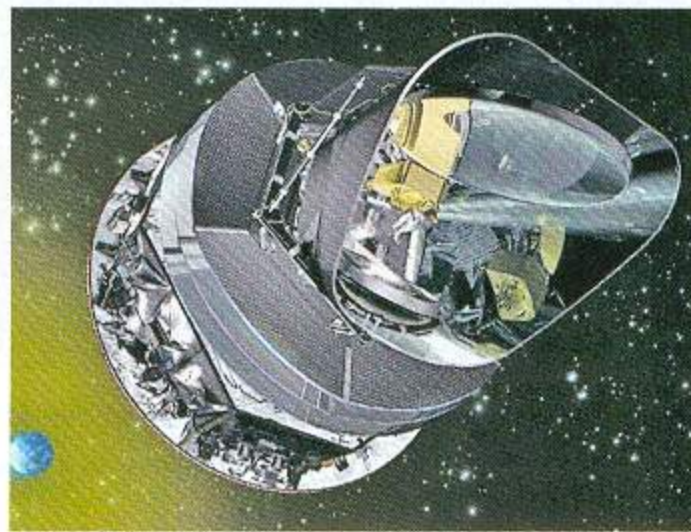
Ironicamente, a estática que antes incomodava os cientistas que tentavam sintonizar o Universo tornou-se uma fonte de informação incrivelmente rica sobre o Cosmos. Investigando esses sinais conhecidos como radiação cósmica de fundo em microondas (CMB), ao longo dos últimos 40 anos, cientistas encontraram segredos cosmológicos que revolucionaram essa área. Agora, pesquisadores europeus pretendem pesquisar esses fótons primordiais com instrumentos que fornecerão detalhes inéditos, com o lançamento do satélite Planck neste início de ano.

A missão Planck não deve resultar em, como se costuma dizer, “apenas mais um algarismo depois da vírgula”. Pela primeira vez será investigada a dinâmica dos primórdios do universo inflacionário. Analisando cuidadosamente os detalhes de como a temperatura do universo primordial variou ligeiramente em diferentes direções, os vários modelos de inflação – a violenta expansão exponencial do espaço que aconteceu por volta de 10^{-35} segundo depois do Big Bang – poderão ser testados, uma vez que cada um tem suas próprias e distintas previsões. O satélite também buscará evidências de ondas gravitacionais primitivas, produzindo mais informação para os teóricos desenvolverem suas idéias. Ele medirá ainda, com maior precisão, a densidade da matéria comum, da matéria e da energia escuras que ocorrem em proporções intrigantes no Universo (5%, 23% e 72%, respectivamente).

Após anos de planejamento, construção e teste “sorrisos iluminam os rostos”, comemora Jean-Michel Lamarre, do Observatório de Paris, cientista experimental responsável por uma das duas câmaras especializadas a bordo do satélite, chamada Instrumento de Alta Frequência (a outra se chama Instrumento de Baixa Frequência). Com o tamanho aproximado de um carro popular, o satélite Planck, ligado ao Observatório Espacial Herschel, da Agência Espacial Européia, será lançado da Guiana Francesa. Ele deve começar o envio de dados ainda no primeiro se-

mestre deste ano, numa missão com duração prevista para 21 meses.

A Agência Espacial Européia iniciou o planejamento da missão Planck em 1992, quando o satélite Cosmic Background Explorer (Cobe em inglês), da Nasa começou a fornecer dados sobre anisotropias na CMB – flutuações sutis, mas definidas no calor remanescente



OLHAR PROFUNDO: O satélite Planck, previsto para ser lançado neste início de ano, medirá a radiação cósmica de fundo em microondas.

te do Universo ($270,42^{\circ}\text{C}$, ou $2,73^{\circ}$ acima do zero absoluto). Evidentes em apenas 10 partes por milhão, essas flutuações de densidade de energia basicamente levaram ao desenvolvimento de estruturas no Universo – agrupamentos de galáxias e grandes vazios entre elas – e sua medição liberou uma infinidade de descobertas sobre o Big Bang.

Em 2003 houve um outro salto nesse campo, quando o satélite Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP em inglês) observou a CMB com sensibilidade 45 vezes maior. Isso forneceu aos cientistas medições mais exatas da idade do Universo (13,73 bilhões de anos), de seu índice de expansão ($70,1$ km/s por megaparsec. Um megaparsec vale 3,26 milhões de anos-luz), e da proporção do material que compõe o Universo. O WMAP confirmou a principal teoria cosmológica, chamada λ -CDM (ou matéria escura fria), que prevê um Universo governado pela teoria da relatividade geral de Einstein e dominado pela energia escura, que repele a gravidade.

O satélite Planck medirá as flutuações da CMB com precisão de duas partes por milhão, um resultado quase três vezes superior ao obtido pela sonda WMAP. As duas câmaras sofisticadas devem captar luz através de nove canais de frequência (a WMAP tinha cinco com alcance limitado) com ruído reduzido em uma ordem de grandeza.

“A Planck fornecerá fundamentalmente coisas novas, complementares ao WMAP”, prevê Oliver Zahn do Lawrence Berkeley National Laboratory. Ele está completamente envolvido com os cálculos que transformarão os dados brutos da Planck em parâmetros cosmológicos. “Ficarei surpreso se a Planck não for tão extraordinária quanto o WMAP e o Telescópio Hubble.” O WMAP pode medir menos de 10% da informação contida nas anisotropias de temperatura da CMB e apenas uma fração minúscula de desvios direcionais da polarização da CMB (direção de seu campo elétrico e magnético à medida que se propaga pelo espaço). Além disso, a visão completa do céu que a Planck terá fornecerá essencialmente toda informação de temperatura e uma parte significativa dos dados de polarização.

Os resultados mais interessantes, prevêem os pesquisadores, podem vir dos chamados modos B dos dados de polarização, que nunca foram medidos antes. A intensidade das ondas gravitacionais, que se presume tenha sido gerada pela fase inflacionária do Universo, determina a amplitude desses modos B e, assim, sua medição pode identificar o melhor entre os diversos modelos competitivos de inflação. A Planck pode fornecer provas de que o Universo passou por uma fase inflacionária e indicar a escala de energia que a produziu. “De todas as coisas de que a ciência poderá se beneficiar, os resultados dessas medições serão as mais empolgantes”, avalia Jan Tauber, responsável pela equipe científica da Planck, da Agência Espacial Européia. E, como sempre, de tudo que a Planck poderá fornecer, o melhor é o imprevisível.

ARQUEOLOGIA

Impasse no Iraque

Até que ponto as relíquias arqueológicas da antiga Mesopotâmia foram danificadas? **POR PETER BROWN**

Com mais de cinco anos e meio de guerra no Iraque as condições de sítios arqueológicos e antiguidades permanecem um tópico frustrante e controverso entre arqueólogos e historiadores da arte. Dois levantamentos feitos no ano passado – um ao norte do Iraque, em maio, e outro ao sul, em junho – convenceram alguns de que o estrago é menor do que muitos observadores acreditavam. Com mais de 10 mil sítios registrados e numerosos indícios que podem ainda esconder tesouros não catalogados do “berço da civilização”, muitos arqueólogos questionam se os sítios levantados são representativos das condições gerais do patrimônio iraquiano.

O relatório do levantamento de maio, realizado por pesquisadores americanos e iraquianos, afirma que “nenhum dos sítios mostrava sinais de saque ou vandalismo excessivo”. Do mesmo modo, o relatório de junho, efetuado por uma equipe de arqueólogos iraquianos e britânicos, que visitaram oito sítios ao sul, encontrou pouca evidência de saque desde o começo da guerra.

O relatório do projeto iraquiano-britânico, no entanto, adverte que “é difícil (e perigoso) generalizar” a partir das condições dos sítios que a equipe visitou. Uma irregularidade em ambos os levantamentos foi a existência de guardas, que deveriam impedir qualquer tipo de saque. De acordo com Lawrence Rothfield, da University of Chicago, três dos sete sítios ao norte (Hatra, Nínive e Nimrud) “são vigiados desde que foram saqueados logo após a invasão de 2003”. Três dos oito sítios ao sul (Ur, Uruk e Lagash), também estavam sob vigilância.

Mas guardas, na maioria dos sítios iranianos, são uma raridade. Elizabeth C. Stone, da Stony Brook University, que integrou o projeto iraquiano-britânico, conta como a equipe de levantamento concluiu que Larsa, um dos outros sítios do levantamento do sul, estava abandonado: “Era de se supor que o sítio fosse visitado ocasionalmente, mas não parecia ser... porque encontramos um ninho de falcão

construído na torre de vigia, com um filhote dentro”. Parte do problema, explica Stone, é que embora exista uma força móvel de 1.500 guardas equipados com caminhões para patrulhar os sítios, “no orçamento, não se considerou verba para o combustível”.

“Não foi efetuado um levantamento abrangente para estabelecer com certeza a porcentagem exata de sítios saqueados entre os 10 mil catalogados”, relata Rothfield. Imagens militares feitas por satélite “permitiriam aos analistas descobrir a verdade”, ele acrescenta, mas os militares “parecem não querer compartilhá-las”.

Estudiosos e analistas baseiam suas estimativas em dados de satélites comerciais, em descrições de testemunhas e no que tem sido recuperado pela polícia e oficiais da alfândega. A própria Stone comprou US\$ 150 mil em imagens de satélite para verificar sinais de denúncias de saque. Com as imagens, documentou escavações para pilhagem equivalente a uma área de 15,75 km². A maioria das imagens que Stone comprou, foram obtidas em 2003; dados recentes são irregulares e mais caros.

As boas notícias são que um embargo comercial e a ameaça de sanções legais rígidas parecem ter paralisado o mercado de artigos roubados, desestimulando assim os saqueadores. A venda de objetos como tábuas de argila e selos cilíndricos, diz Stone, “foi drasticamente contida em 2003”, quando a comunidade internacional reagiu ao saque do Museu Nacional do Iraque, em Bagdá,

RETOMADA PELO DESERTO. Em junho, inspetores iraquianos e britânicos visitaram as ruínas desmoronadas e saqueadas dessa casa escavada em Tell Abu Shahrain (Eridu) no sul do Iraque. A literatura suméria afirma que Eridu foi uma das mais antigas cidades da Mesopotâmia.

com leis mais duras sobre a compra e venda de antiguidades iraquianas.

Mas nem todo prejuízo à antiga herança do Iraque é culpa dos saqueadores. Em dois locais (Tell al-Lahm e Ubaid), postos de comando militares “foram estabelecidos sobre sítios arqueológicos”, de acordo com o relatório do projeto iraquiano-britânico. “Abrigos para veículos (tanques ou transportes blindados) foram escavados” em elevações de antigas ruínas. Provavelmente a construção destruiu “depósitos arqueológicos intactos”, segundo consta no relatório. No sítio da Babilônia, de acordo com Stone, atividades militares removeram áreas da superfície de elevações somando seis hectares, mais de 13 campos de futebol – para encher sacos de areia, cavar trincheiras e fazer terraplenagem para estacionamentos.

Na opinião da historiadora de arte Zainab Bahrani, da Columbia University, natural do Iraque, nenhuma avaliação completa dos danos será possível até o fim da ocupação. O que está claro para ela é que o saque do Museu Nacional do Iraque e de sítios arqueológicos é apenas “a ponta do iceberg” – simplesmente parte da destruição histórica e cultural em larga escala de arquivos, bibliotecas e universidades e de integrantes da comunidade intelectual. “Tantas pessoas morreram, ficaram desabrigadas e foram forçadas ao exílio”, lamenta, “que é difícil referir-se apenas à herança cultural.”



NEUROCIÊNCIA

Padrões de Reconhecimento de Faces

Seções discretas do cérebro formam uma rede dedicada ao reconhecimento de fisionomia **POR LIZZIE BUCHEN**

Ao caminhar pelas ruas da cidade, não é difícil reconhecer o rosto de um conhecido na multidão. Mas a facilidade dessa façanha mascara sua complexidade cognitiva. Todas as faces têm olhos, nariz e boca em posições praticamente iguais, mas podem exibir uma infinidade de expressões emocionais. Há décadas os cientistas debatem a facilidade com que reconhecemos rostos: o cérebro humano desenvolveu um mecanismo especializado de processamento de faces, diferente das regiões que lidam com outros objetos, ou ele processa todos os objetos usando uma rede extensa e multifuncional, apenas desenvolvendo uma habilidade especial para faces. Dois experimentos recentes esclareceram essa disputa contínua ao descobrir uma rede distinta que, de fato, é dedicada a faces.

No final dos anos 90 estudos realizados com base em imagens do cérebro revelaram que regiões específicas do lobo temporal – uma região do cérebro importante para o reconhecimento de objetos – são mais intensamente iluminadas quando as pessoas olham para rostos, em oposição a qualquer outra coisa. Não estava claro, no entanto, se essas regiões contêm células especificamente ativadas por rostos, ou se respondem mais amplamente, por exemplo, a qualquer objeto relacionado a pessoas ou coisa que exija atenção a detalhes.

Há alguns anos, Doris Tsao e seus colegas, à época na Harvard Medical School, trataram desse assunto. Eles localizaram “padrões específicos de faces” em macacos e descobriram que esses padrões estavam repletos de neurônios que respondem unicamente a rostos. “Demonstramos que eram regiões altamente especializadas”, diz Tsao, agora na Universidade de Bremen, na Alemanha. “Mas ainda não sabíamos como funcionavam – se cada padrão era independente ou se estavam todos envolvidos num circuito único.”

E Tsao foi adiante, usando uma combinação técnica impressionante de imagens do cérebro e estimulação de células individuais. Ela

e seu aluno, Sebastian Moeller, usaram eletrodos para estimular neurônios em padrões específicos relacionados a rostos, enquanto observavam o resto do cérebro com imageamento por ressonância magnética funcional (fMRI). No início do ano passado relataram a descoberta de que os padrões faciais estavam forte e especificamente interconectados: o estímulo em um padrão facial ativa outros padrões quase exclusivamente, enquanto estímulos fora de padrões faciais estimulam somente regiões não faciais.

“Esse resultado me deixou perplexa”, comenta Margaret Livingstone, neurobiologista da Harvard Medical School, que supervisionou os primeiros trabalhos de Tsao. “A conectividade entre diferentes padrões faciais do cérebro é incrivelmente precisa – de padrão facial para padrão facial – sugerindo que esse sistema é realmente especial e tem sua própria anatomia.”

Tsao então se concentrou no lobo frontal, que transforma dados sensoriais em comportamento direcionado. “Não apenas percebemos rostos – reagimos a eles”, ela explica. “Determinamos suas expressões emocionais que guardamos na memória e as classificamos como amigas ou inimigas.” Portanto, ela pensou, podem existir padrões faciais no lobo frontal.

Usando fMRI, Tsao encontrou três padrões faciais distintos. Um deles se localiza no córtex órbito-frontal e avalia emoções e comportamentos sociais. Testes adicionais revelaram que rostos emocionados estimulam mais esse padrão que rostos neutros, indicando que ele poderia ter um papel específico na interpretação de expressões de emoção. Padrões faciais no lobo temporal não responderam de maneira diferente a rostos expressando emoções. Pessoas com danos no lobo frontal ainda conseguem re-



SOBRE ROSTOS: O cérebro humano pode facilmente reconhecer o rosto de um amigo numa multidão de outros rostos.

conhecer pessoas, mas não identificam seus estados emocionais.

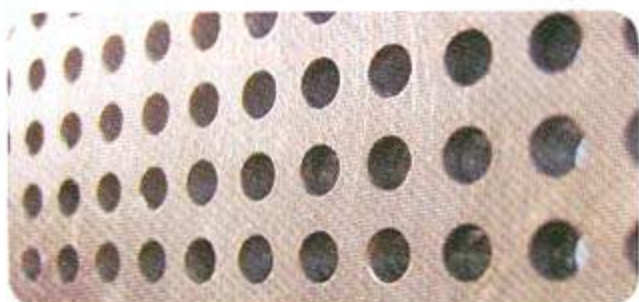
Agora Tsao espera identificar como cada padrão contribui para a identificação facial. Ela acredita que eles formem uma hierarquia funcional – por exemplo, um padrão detecta faces, e o outro ajuda para relatar a detecção de, digamos, rostos masculinos ou expressões de surpresa. Ela suspeita que esses últimos padrões se comuniquem com o lobo temporal medial, uma região onde, em 2005, Christof Koch do California Institute of Technology descobriu neurônios que respondem exclusivamente a pessoas específicas, como astros do cinema. As descobertas de Tsao sugerem um processo passo a passo que resulta em neurônios que podem codificar entidades tão complexas como uma determinada pessoa.

“Essas áreas estão todas conectadas”, avalia Koch. “Você pode não apenas ver uma atriz conhecida, mas pode ver se ela está zangada ou se está olhando para você. Esse é um circuito dedicado a faces e ele se estende desde a parte posterior do cérebro até a parte frontal.” Um processamento com esse nível de especialização de faces é vital para a sobrevivência, acrescenta Koch. “Não importa se a pessoa é um bebê, um idoso, ou um anti-social que só olha para o chão. O ser humano é um ser social e as faces deles são importantes.”

FÍSICA

Revestimento Acústico com Furos

Qualquer pessoa que não consegue dormir por causa do som da TV do vizinho pode ficar surpresa ao saber que alguns furos na parede podem diminuir a intensidade do som. Francisco Meseguer, da Universidade Politécnica de Valência, na Espanha, e seus colegas colocaram uma série de placas de alumínio de 20 cm de espessura em um tanque de água e descobriram que placas perfuradas podem diminuir ondas de ultrassom que as atravessam em até 10 decibéis a mais que placas contínuas. Essa redução é ainda maior quando o espaço entre os orifícios se aproxima do comprimento da onda sonora. O som interage com os furos regularmente espaçados, gerando ondas acústicas na superfície da placa que interfe-



SILÊNCIO, POR FAVOR: Furos que anulam o som.

rem destrutivamente com as ondas que atravessam a placa. Esse resultado, publicado na edição de 22 de agosto da *Physical Review Letters*, pode ajudar no desenvolvimento de máquinas à prova de som que permitem a passagem de ar refrigerado, observa Meseguer. Ele anuncia que sua equipe está agora fazendo experiências com o som audível. — Charles Q. Choi

ENERGIA

Quilometragem mais Fluida

Campos elétricos podem aumentar o rendimento de um carro a gasolina em até 20%, graças ao efeito dos campos elétricos que reduzem a viscosidade de um líquido. Num combustível com menor viscosidade, gotículas menores são injetadas no motor, produzindo uma combustão mais eficiente. Pesquisadores da Temple University afinaram o combustível fixando um tubo carregado eletricamente à mangueira de combustível perto do injetor de um motor diesel. Em testes de pista, o dispositivo, que consome menos de 0,1 watt, reduziu o consumo de combustível na estrada (13,6 para 16,2 km por litro). Os pesquisadores, que publicaram esses resultados na edição de 19 de novembro da *Energy & Fuels*, esperam que o dispositivo seja utilizado em todos os tipos de motores a combustão interna. — Charles Q. Choi

COMPORTAMENTO

Formigas Suicidas

Todas as noites as formigas brasileiras *Formica ruginervis* fazem um exaltação à abnegação. Ao anoitecer, as formigas defendem o formigueiro selando as entradas com areia; até oito operárias permanecem do lado de fora para terminar o serviço. Abandonadas do lado de fora, no dia seguinte estão mortas — o primeiro exemplo de missão suicida antecipada que não responde a um perigo imediato.

O ecologista comportamental Adam Tofilski, da Universidade Agrícola de Cracóvia, na Polônia, e seus colegas descobriram que essas não são apenas formigas perdidas que ficaram do lado de fora. Elas estão deliberadamente ajudando a fechar as entradas, gastando até 50 minutos empurrando areia dentro das aberturas até que as entradas estejam totalmente camufladas. Cientistas verificaram experimentalmente que apenas seis das 23 formigas deixadas do lado de fora estavam vivas no dia seguinte, mostrando um exemplo de sacrifício. Não se sabe exatamente por que as formigas morrem — a espécie é frágil, mas os pesquisadores suspeitam que os indivíduos que ficam do lado de fora podem ser velhos ou doentes. Os resultados, publicados na edição de novembro da *American Naturalist*, podem esclarecer a evolução do altruísmo. — Charles Q. Choi



2008

PRÊMIO NOBEL

Em dezembro, o rei da Suécia premiou dez cientistas por suas realizações. Três deles — Luc Montagnier, Yoichiro Nambu e Paul Krugman — escreveram para a *SCIENTIFIC AMERICAN*.

Fisiologia ou Medicina: Harald zur Hausen do Centro Alemão de Pesquisa do Câncer, em Heidelberg, por sua descoberta da causa do câncer cervical pelo papilomavírus humano, Françoise Barré-Sinoussi do Instituto Pasteur, em Paris, e Luc Montagnier da Fundação Mundial para a Pesquisa e Prevenção da Aids, em Paris. Eles foram premiados pela descoberta do vírus da imunodeficiência humana (HIV). Ao fazer sua escolha, o comitê Nobel desprezou Robert C. Gallo, da University of Maryland. Ele provou que o HIV causa aids.

Física: Yoichiro Nambu, da University of Chicago, pela descoberta do mecanismo da ruptura espontânea de simetria. Esse mecanismo ajuda a explicar as massas de partículas subatômicas e as forças que agem sobre elas. Makoto Kobayashi, da Organização de Pesquisa do Acelerador de Alta Energia, em Tsukuba, Japão, e Toshihide Maskawa,

da Universidade de Kyoto, foram escolhidos por pesquisas na ruptura espontânea de simetria. Esse processo sugere a existência de pelo menos três famílias de quarks.

Química: Osamu Shimomura, do Laboratório Biológico Marinho de Woods Hole, Massachusetts, Martin Chalfie, da Columbia University e Roger Y. Tsien, da University of California, San Diego. Eles foram laureados pela descoberta da proteína fluorescente verde e seu desenvolvimento como identificador visual em biociência.

Economia: Paul Krugman, da Princeton University, por suas teorias sobre padrões e geografia do comércio internacional. Essas idéias explicam por que as cidades estão crescendo e indústrias semelhantes se agrupam.

Em Resumo

JUSTIFICATIVA FREUDIANA

O verdadeiro benefício da psicoterapia intensiva tem sido questionado há muito tempo. Pesquisadores relatam que esse tipo de terapia pode ser eficaz contra transtornos mentais crônicos, como ansiedade e depressão. Eles examinaram 23 estudos envolvendo 1.053 pacientes que fizeram terapia psicodinâmica de longo prazo, em busca de raízes subconscientes dos transtornos. Abordagens psicoterapêuticas com duração superior a um ano se mostraram significativamente mais proveitosas que alternativas de curto prazo e, aparentemente, apresentam melhor custo-benefício. Mais informações na edição de 1º de outubro do *Journal of the American Medical Association*. – Charles Q. Choi

AS 12 DOENÇAS MORTAIS

A Sociedade para Conservação da Vida Selvagem (WCS) publicou um relatório sobre 12 doenças que podem se alastrar e se tornarem mais perigosas à medida que o planeta se aquece e os padrões de chuva são alterados. São elas: gripe aviária (H5N1 influenza), babesiose (similar à malária), cólera, ebola, infecções por parasitas (como *Baylisascaris procyonis*), doença de Lyme (ou borreliose brasileira), peste, envenenamento por produção excessiva de algas, fenômeno conhecido como maré vermelha, febre do vale do Rift (no Quênia), doença do sono, tuberculose e febre amarela. Para evitar que algumas dessas doenças atinjam proporções trágicas, como a peste negra, ou a pandemia de gripe de 1918, o WCS sugere o monitoramento da vida selvagem para detectar sinais dessas patogenias. – David Biello

RASTREAMENTO DE ROCHA ESPACIAL

Pela primeira vez investigadores rastream um pequeno asteroide (com poucos metros de extensão) antes que atinja a Terra. Um telescópio que integra o projeto *Catalina Sky Survey*, situado próximo a Tucson, Arizona, participou de um trabalho conjunto para localizar objetos próximo da Terra que podem apresentar risco de colisão. O corpo, chamado 2008 TC3, foi localizado em 6 de outubro. Pesquisadores previram corretamente que a rocha espacial entraria na atmosfera a 12,8 km/s, ao norte do Sudão, às 05h 46min da manhã (hora local), liberando uma razoável quantidade de energia. Objetos desse tamanho atingem a Terra uma vez a cada três ou quatro meses. – Philip Yam

CONSERVAÇÃO

Proteção de Mamíferos

Um novo levantamento das 5.487 espécies de mamíferos revela que uma em quatro corre o risco de desaparecer – incluindo algumas espécies de morcegos, os mamíferos mais numerosos. A União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) concluiu que, no mínimo, 1.139 mamíferos no mundo todo estão ameaçados e que as populações de 52% de todas as espécies de mamíferos estão diminuindo. O sul e sudeste da Ásia abrigam os mamíferos mais ameaçados. Desmatamento e caça são as causas principais do rápido



PAQUIDERME EM APUROS: População de elefantes asiáticos está em rápido declínio.

declínio de mamíferos terrestres, como os elefantes na Ásia; muitos mamíferos marinhos também estão sob risco, como as toninhas, no golfo da Califórnia. Elas sofrem com redes de pesca, colisão com embarcações e poluição.

Esforços conjuntos resgataram alguns mamíferos, como o furão-de-pés-pretos, à beira da extinção, mas o sucesso em longo prazo só será possível atacando o problema pela raiz, adverte a IUCN em relatório publicado na edição de 10 de outubro da *Science*. – David Biello

QUÍMICA

Mistura Sem Explosivos

Para terroristas com recursos escassos, os fertilizantes têm sido o explosivo preferido – porque contém nitrato de amônia, a principal substância química de muitos tipos de bombas. A Honeywell International, empresa com sede em Morristown, Nova Jersey – famosa por seus termostatos – patenteou recentemente uma opção à prova de explosão. A empresa adiciona ao fertilizante sulfato de amônia, que se liga ao nitrato de amônia e impede que ele se queime rapidamente. Em testes, o fer-



EXPLOÇÃO EM OKLAHOMA em 1995 foi executada por terroristas utilizando fertilizantes convencionais, que contêm nitrato de amônia.

tilizante não detona mesmo quando misturado a óleo diesel ou outros combustíveis. Agora é preciso analisar se ele funciona bem como fertilizante. As lavouras-alvo seriam as que necessitam tanto de nitrato quanto de sulfato, como tomates, repolhos e batatas. A Honeywell planeja colocar o produto no mercado no final deste ano. – David Biello



Leia Mais...

Notícias diárias no site www.sciam.com.br

Obscuridade Lunar

Impacto de um corpo de grande massa com a Terra ainda jovem é teoria mais aceita para explicar a origem da Lua

POR ULISSES CAPOZZOLI



Se depender do número de veículos circulando pelas estradas, à noite e de madrugada, é possível concluir que as pessoas não gostam de viajar nesses horários, ou talvez se sintam inseguras.

Viajar sozinho à noite é um dos meus prazeres e, sinceramente, fico imaginando como outros podem abrir mão dessa experiência por algum temor. Sempre disse a mim mesmo que coisas imprevisíveis podem ocorrer a qualquer hora e, com a idéia de que a noite é mais protetora que o dia, tenho um prazer infantil em perfurar a escuridão com a faca de haste dupla do par de faróis.

Nos últimos anos troquei o carro pela motocicleta. Não foi uma mudança banal, ainda que muitos leitores possam ser mais corajosos que eu. Capazes de manobras a que não me atrevo, como "costurar" no trânsito da Bandeirantes ou Ayrton Senna a 180 km por hora. Gosto da liberdade das viagens noturnas, mas pretendo continuar vivo e inteiro por mais algum tempo.

Antes, a magia da viagem noturna estava em combinar o vento entrando pela janela aberta a um som de boa qualidade. Na companhia de Billie Holiday, Janis Joplin, Amy Winehouse e Bob Dylan, ou bandas como Pink Floyd, R.E.M e Portishead, certamente já viajei mais de uma vez a distância entre a Terra e a Lua. Num carro é possível dar rápidas observadas no céu, tempo suficiente para acompanhar a trajetória de um meteoro, do momento em que um meteoróide se choca com o topo da atmosfera, até diluir-se completamente pelo atrito com o ar. Com uma motocicleta é impossível desviar os olhos por todo esse tempo.

Foi por prudência de não tirar os olhos

da estrada, de onde pode emergir uma mancha de óleo, um cão errante ou outro animal perdido é que decidi parar num trecho da BR 459, que liga outra BR, a 381 (Fernão Dias) a Poços de Caldas. Meu destino era o interior de São Paulo, mas quando cheguei à serra de Ipuúna, a lua cheia flutuava como uma bolha luminosa, sobre o mar de montanhas de Minas.

Desliguei a moto, camuflei-a no abrigo de uma vegetação (melhor não abusar da sorte e se expor desnecessariamente). Subi ao topo de um bloco rochoso que divide a pista e serve como mirante e dei de cara com a Lua. Naquela altitude, com o vento frio, me senti no espaço, livre das garras da gravidade. Então, por uma razão qualquer, no cume da montanha, me descobri pensando na história da Lua: de onde ela veio e para onde vai?

Muitos dos leitores de SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL conhecem essas teorias, mas nem todos. Com a licença dos que conhecem o assunto melhor que eu, podemos resumir, para os não iniciados na história lunar, o que se sabe sobre isso.

Um dos pontos de partida, neste caso, é a concepção do astrônomo inglês George Darwin, filho de Charles Darwin, de que a Lua se formou da Terra jovem, ainda incandescente. Girando rapidamente, num certo momento, uma porção de matéria teria se soltado do corpo da Terra para formar a Lua, deixando como cicatriz desse parto cósmico o leito do oceano Pacífico.

Modelagens feitas nos anos 90 pelo astrônomo americano Alistair Cameron, da Harvard University, mostraram que a Terra deveria girar a uma velocidade pelo menos quatro vezes maior que a atual para dar alguma consistência à hipótese de Darwin. Outras idéias, agora fora de considerações, defende-



LUA SE AFASTA lentamente da Terra.

lunar photography

hallmoonobservatory.com

ram origens distintas. Uma considerou que a Lua teria se formado da mesma nuvem de matéria que originou a Terra. Mas isso teria levado a uma similaridade de constituição entre os dois astros. Por exemplo, a Lua deveria ter um núcleo de ferro e isso ela não tem.

Outra hipótese desenvolveu a idéia de que a Lua se formou em outro lugar e teria sido agarrada gravitacionalmente pela Terra. Simulações em computadores mostraram inconsistências desta abordagem, que também não descarta um núcleo de ferro, como ocorre em Marte e Vênus, além da Terra.

Então, uma terceira hipótese tentou explicar a presença da Lua sobre o topo rochoso da BR 459, onde eu podia acompanhar a lenta escalada que ela fazia no céu, prateando os cumes montanhosos e inundando os vales abaixo de luz azulada. É a teoria do catastrofismo. Ela considera que um bólido gigantesco se chocou com a Terra, ainda muito jovem, e arrancou parte de seu corpo, originando a Lua. Essa é a teoria mais aceita neste momento, mas foi reformulada várias vezes, até que o bólido provável atingisse o porte de Marte.

O zumbido eletrônico de um grilo na barra de proteção de meu improvisado observatório lunar trouxe-me de volta das profundezas do tempo. Desci as escadas, acionei a motocicleta e retomei a viagem. A Lua se afasta da Terra a 4 cm ao ano e se extinguirá com a Terra, antes que ocorra uma separação definitiva. Esse é o seu destino, para onde ela vai.

O leito da BR 459 estava claro como o dia. Mas a origem da Lua permanece um tanto obscura. ■



Comente este artigo no Blog do Editor, em www.sciam.com.br

Ações para Enfrentar a Crise Financeira

O desastre econômico só será interrompido se forem adotadas medidas prioritárias para evitar efeitos em cascata

POR JEFFREY D. SACHS



A origem da crise financeira americana está no fato de os bancos comerciais e de investimento emprestarem trilhões de dólares para aquisição de casa própria e bens de consumo a cidadãos que não conseguem pagar as dívidas contraídas. A facilidade de empréstimo aumentou o preço dos imóveis, que levou a um aumento maior e irreversível quando os especuladores compraram esses imóveis, na expectativa de obter lucros ainda maiores. Quando a obtenção de empréstimos foi ficando mais difícil, até parar em 2006 e 2007, os preços dos imóveis alcançaram um pico e começaram a cair. Esse rápido crescimento do mercado imobiliário começou a desintegrar-se e hoje ameaça a estabilidade da economia.

A economia americana enfrenta quatro ameaças escalonadas. Primeira: o declínio acentuado dos investimentos em compras de imóveis, automóveis e outros bens duráveis, como consequência do acentuado declínio de empréstimos a pessoas físicas, que provoca recessão no setor da construção civil e na produção de bens duráveis. Segunda: muitos proprietários estão inadimplentes no pagamento de hipotecas e empréstimos ao consumidor, principalmente pelo fato de o valor de mercado dos imóveis ser muito inferior ao valor da hipoteca. Terceira: o setor bancário está cortando todo e qualquer empréstimo, como consequência da diminuição de seu capital devido a prejuízos irreversíveis em hipotecas e empréstimos pessoais. Quarta: a retração nos empréstimos agora ameaça até os empréstimos a curtíssimo prazo, com que os bancos e outras instituições compensam mutuamente seu capital de giro.

Os riscos mais graves à economia vêm na ordem inversa. A quarta ameaça é de longe a pior. Se os títulos negociáveis a curto prazo e o mercado financeiro quebrarem, a economia sofrerá um colapso desastroso, porque os negócios solventes e lucrativos serão incapazes de atrair capital de giro. O desemprego, que atualmente é da ordem de 6%, poderia superar os 10%. Esse tipo de colapso na liquidez fez com que a renda nacional, em algumas economias asiáticas, caísse aproximadamente 10% entre 1997 e 1998, e foi o responsável pela queda de 30% na economia americana durante a Grande Depressão.

Na terceira ameaça, a séria deterioração do capital bancário, à medida que os bancos dão baixa em seus empréstimos irreversíveis, pode provocar uma grave recessão, mas não uma depressão. O desemprego pode subir e atingir, por exemplo, até 10%. A queda contínua do capital bancário já está forçando os bancos a rever seus empréstimos pendentes. Grandes e importantes projetos estão sendo redimensionados. Grandes empresas de outros segmentos, além do financeiro, também podem falir.

A segunda ameaça, o embargo financeiro dos proprietários, está sendo doloroso para milhões de famílias. Muitos estão perdendo suas

casas e alguns estão falindo. Outros podem ter suas condições de pagamento facilitadas em renegociações com os bancos. Os consumidores voltarão a ser poupadores cuidadosos, depois de terem sido, durante anos, contumazes tomadores de empréstimos. Essa tendência não será negativa em longo prazo, mas dolorosa, de imediato.

A primeira ameaça – a retração na venda de imóveis e outros bens duráveis – é como um ovo que, depois de quebrado, não pode ser reconstituído. Atualmente a quantidade de imóveis à venda é enorme; a demanda por novas casas e construções permanecerá baixa por muitos anos. As vendas de eletrodomésticos e carros também estão caindo vertiginosamente. Essas consequências absolutamente inevitáveis estão forçando os Estados Unidos a uma recessão, no mínimo modesta, provavelmente com desemprego crescente e temporário, de talvez até 8%.

O objetivo de qualquer nova política deve ser evitar o completo colapso ou uma profunda recessão. Duas ações, portanto, são essenciais. Mas a mais importante: o governo e o Banco Central americano devem impedir o colapso do capital de giro oferecendo empréstimos a curto prazo e adotando outras medidas para sustentar o mercado de títulos, empréstimos interbancários e o funcionamento regular dos fundos do mercado financeiro. O governo também deve promover a recapitalização agressiva do sistema bancário, com fundos privados e públicos, para evitar um arrocho nos empréstimos bancários nos próximos anos. Infelizmente, o salva-vidas de US\$ 700 bilhões aprovado pelo Congresso não atende adequadamente aos desafios, nem de liquidez nem de recapitalização.

A legislação é melhor que nada – para ajudar a evitar pânico –, mas o verdadeiro trabalho de estabilização e recapitalização do sistema bancário não pode esperar pela próxima administração, e o conselho do Banco Central americano deverá se manter agressivo para impedir o colapso da liquidez. Além disso, o governo deve estimular facilidades no refinanciamento de hipotecas e se comprometer com outros países, particularmente os asiáticos ricos, com disponibilidade monetária, para estimular suas economias e compensar, ao menos parcialmente, o declínio econômico dos Estados Unidos. ■

Jeffrey D. Sachs é diretor do Earth Institute da Columbia University (www.earth.columbia.edu).



Uma Reversão no Relógio Celular

Shinya Yamanaka descobriu como fazer células adultas voltarem ao estado embrionário. Células-tronco pluripotentes induzidas poderão suplantam as embrionárias com finalidades terapêuticas **POR TIM HORNYAK**

Em uma discussão acirrada entre historiadores sobre células-tronco, Shinya Yamanaka provavelmente assumiria uma postura pacificadora. O cientista japonês ajudou a pôr fim ao debate moral em torno das células-tronco, cujo desenvolvimento implica a destruição de embriões. No ano passado, Yamanaka liderou uma das duas equipes que demonstraram ser possível reprogramar geneticamente células humanas epiteliais normais no equivalente a células-tronco. Aparentemente, as chamadas células-tronco pluripotentes induzidas (células iPS) são basicamente idênticas a células-tronco embrionárias e estão aptas a se transformar em qualquer célula.

Aos 46 anos, Yamanaka é uma figura respeitável, com um corte de cabelo quase militar. Seu pequeno escritório na ala geriátrica do Instituto para Fronteira Médica da Universidade de Kyoto, impecavelmente arrumado, não tem qualquer indicação de sua conquista com a produção das células iPS, mas é provável que, um dia, um prêmio Nobel venha a adornar sua estante. Olhando ao redor, Yamanaka comenta: “Há uma sala alguns andares abaixo em que nunca entrei, por não ter permissão do governo. Lá se encontram as únicas células-tronco derivadas de embriões humanos do país”.

Embora o Japão tenha um espírito liberal, na prática, – ao contrário dos Estados Unidos – impõe regras rigorosas quanto à produção e utilização de células-tronco derivadas de embriões humanos. Os pesquisadores chegam a gastar um ano com a burocracia para ter acesso a elas.

Aliás, a obediência às regras japonesas, que sempre restringiu a cultura científica, é a responsável pelo pioneirismo acidental de Yamanaka. Trabalhando originalmente como cirurgião ortopédico em Osaka, na década de 90, ele decidiu defender a tese de pós-doutorado em reprogramação genética de oncogenes em camundongos no Instituto Gladstone de Doenças Cardiovasculares de São Francisco, Califórnia. Lá obteve acesso rápido às linha-

gens de células-tronco embrionárias, além de conseguir um bom financiamento e intercâmbio com outros líderes mundiais na área. Em seu país, no entanto, ficou desanimado. “Quando retornei ao Japão, perdi completamente o entusiasmo”, revela. “Meu orçamento era escasso e eu contava com o apoio de poucos bons cientistas. Tinha de cuidar sozinho de quase mil camundongos.”

Ele estava à beira do desespero e pensou em desistir e voltar à cirurgia. Mas dois fatores o estimularam a continuar: um convite para dirigir um pequeno laboratório no Instituto Nara de Ciência e Tecnologia e a criação da primeira geração de células-tronco embrionárias humanas, produzidas por James A. Thomson, da University of Wisconsin, em Madison – que no ano passado liderou outro grupo na produção de células iPS humanas.

Após Thomson ter conseguido isolar células-tronco embrionárias, muitos pesquisadores passaram a tentar controlar a diferenciação dessas células em tipos específicos de células capazes de repor tecidos doentes ou danificados, revolucionando assim a medicina clínica. “Isso era competitivo demais para nosso pequeno laboratório”, avalia Yamanaka, “então achei que deveria fazer o contrário – em vez de transformar células-tronco embrionárias em alguma coisa, eu as produziria a partir de alguma outra coisa.” Sobre o sucesso de Ian Wilmut em clonar animais como a ovelha Dolly, ele observou: “Soubemos que mesmo células totalmente diferenciadas podem voltar a um estado semelhante ao embrionário. Mas acreditávamos que esse seria um projeto bastante longo, capaz de consumir 20 ou 30 anos”.



SHINYA YAMANAKA

MÁQUINA DO TEMPO GENÉTICA: Cria células adultas em estado embrionário com quatro genes. Essas células-tronco pluripotentes induzidas (células iPS) atraíram pesquisadores que estavam impedidos de trabalhar por restrições às células-tronco embrionárias.

DESAFIOS CRÍTICOS: Descobrir como evitar que células iPS se transformem em tumores e a maneira de criá-las sem uso de retrovírus para liberar genes rejuvenescedores.

Mas não levou nem dez. Yamanaka ficou muito motivado a resolver dois problemas principais relacionados às células embrionárias e um deles era sua origem. No primeiro caso, ele conta que visitou a clínica de fertilidade de um amigo e observou embriões na fase inicial sob o microscópio. A visão da vida frágil nascente o comoveu, embora garanta que não se opõe à utilização de células embrionárias para “salvar vidas”. O segundo problema envolve a possibilidade de rejeição quando células derivadas de embrião humano são transplantadas. Células diferenciadas criadas a partir das células iPS do paciente não correriam esse risco.

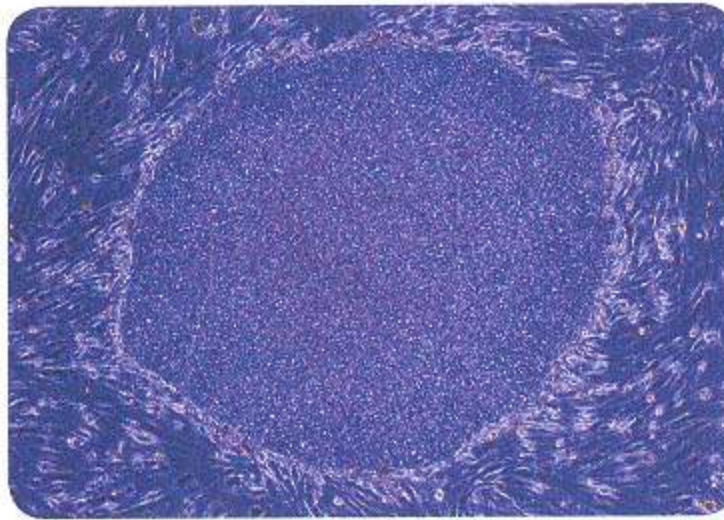
De início, Yamanaka resolveu determinar como as células embrionárias de camundongos mantêm sua pluripotencialidade – a capacidade de se diferenciar em qualquer tipo de célula do organismo. Partiu da hipótese de que certas proteínas se destacariam nas células embrionárias de camundongos, mas não em células diferenciadas. Ele também imaginou que introduzindo os genes para essas proteínas – especificamente, fatores de transcrição, que controlam a atividade de outros genes – nos cromossomos de células da pele normais, elas se converteriam em uma célula embrionária.

Depois de quatro anos de experimentos, ele descobriu 24 fatores que, quando somados a células de fibroblasto de camundongos comuns e submetidos aos procedimentos de cultura adequados, podem criar células pluripotentes virtualmente idênticas às células-tronco. Yamanaka continuou a examinar cada fator e se deu conta de que nenhum deles poderia funcionar sozinho. Mas, combinado a quatro genes específicos pode funcionar. Em 2006 ele publicou um artigo na revista *Cell*, identificando-os: *Oct3/4*, *Sox2*, *c-Myc* e *Klf4*.

Essa conquista estimulou cientistas do mundo todo a tentar reproduzi-la, usando células humanas, em vez de material de camundongo. Em 2007, Yamanaka relatou seu sucesso com os quatro fatores de transcrição, ao mesmo tempo que o grupo de Thomson. “Na verdade, não é difícil repetir o que fizemos”, observou Thomson à época. Pes-

quisadores comparam essa conquista à transformação de chumbo em ouro.

O fato instigou muitos pesquisadores a reorientar seus trabalhos com células-tronco embrionárias para as versões induzidas de células-tronco. Yamanaka e outros agora obtiveram células iPS de vários tipos de tecido, incluindo material do fígado, estômago e cérebro e transformaram células iPS em pele, músculos, intestino e cartilagem, além de células neutras, capazes de secretar o neurotransmissor dopamina e células cardíacas que batem sincronizadas.



DISPONÍVEL PARA USO: Colônia circular de células iPS humanas.

No entanto, duas grandes preocupações com segurança ainda manterão as células iPS fora das clínicas por enquanto. Uma delas é que o fator de transcrição *c-Myc* é um poderoso gene cancerígeno e as células produzidas pela equipe de Yamanaka tendem a se tornarem cancerígenas. “Criar células iPS é um processo um pouco parecido a produzir câncer”, explica ele. Em princípio, o *c-Myc* pode não ser necessário. Em camundongos, Yamanaka e um grupo do Massachusetts Institute of Technology, liderado por Rudolf Jaenisch, encontraram um modo de evitar o uso do *c-Myc* entre cem camundongos implantados com células iPS. Mas 6% dos casos em que o que *c-Myc* foi usado morreram de tumores.

Outro risco é o vetor usado para levar os genes até as células alvo – mais especificamente, os retrovírus. O resultado do processo são células-tronco repletas de vírus. Além disso, os retrovírus podem induzir mutações nas células que levam ao câncer. Os pesquisadores espe-

ram, em breve, superar também esse problema. Em setembro de 2008, uma equipe do Harvard Stem Cell Institute anunciou a criação de células iPS de ratos usando como vetor o adenovírus, mais seguro que o retrovírus. Em outubro, o laboratório de Yamanaka foi bem-sucedido ao usar plasmídeos, ou fragmentos circulares de DNA. Outros retrovírus alternativos incluem proteínas e moléculas de gordura.

Embora o súbito interesse por essas pesquisas tenha resultado em avanços rápidos e competição entre os laboratórios, Yamanaka e outros não acreditavam que fosse possível usar as células iPS como substitutos das células embrionárias. “Não sabemos ainda se as células-tronco embrionárias e as células iPS são realmente equivalentes”, observa Konrad Hochedlinger do Centro de Medicina Regenerativa do Hospital Geral de Massachusetts. Ele acrescenta que, nesse estágio, células iPS são uma fonte adicional importante de células pluripotentes, mas que optar por esse caminho, agora, seria prematuro. Só o tempo dirá se as células iPS poderão substituir as células-tronco embrionárias.

Mas embora as pesquisas com células iPS ainda estejam longe das clínicas, Yamanaka prevê seu potencial contra doenças como o diabetes, lesões da medula óssea, doença de Parkinson e até mesmo sardas e calvície. “Essas descobertas impactantes oferecem uma base objetiva para a medicina regenerativa e terapia celular”, comenta Shinichi Nishikawa, diretor do Laboratório de Biologia de Células-tronco do Centro para o Desenvolvimento Biológico Riken, no Japão.

Nos próximos cinco anos a equipe de duas dezenas de Yamanaka deverá se concentrar no estudo de células iPS como forma de prevenir efeitos colaterais de medicamentos, além de esclarecer problemas em mecanismos de doenças e toxicologia, inocuidade e mecanismo de doenças. Nesse contexto o ex-médico pondera suas expectativas com cautela. “Ainda nos falta muita pesquisa básica quanto à segurança das células iPS.” “Não se trata”, acrescenta ele “de uma competição internacional como as Olimpíadas, mas de uma cooperação internacional. E esse é apenas o início de um longo processo.” ■

NOVOS MUNDOS SE REVELAM NO OCEANO GALÁCTICO

Mais de 300 planetas extra-solares foram identificados em torno de estrelas da Via Láctea, mas nenhum deles já revelou sinais de que abriga vida. A seleção de uma dezena deles mostra a diversidade de padrões desses mundos

CONCEITOS-CHAVE

- Mais de 300 planetas extra-solares foram identificados desde 1992, orbitando estrelas da Via Láctea. Em meados de novembro passado os telescópios Keck e Gemini fotografaram um sistema triplo em torno da estrela HR 8799, a 130 anos-luz da Terra.
- Neste momento as pesquisas se concentram na identificação de planetas com o tamanho e características da Terra, onde eventualmente possa haver formas de vida, até mesmo inteligente. Limitações tecnológicas, no entanto, ainda dificultam esse trabalho que deverá ser facilitado por uma nova geração de telescópios.
- Tentativas de identificar possíveis sinais de inteligência fora da Terra foram infrutíferas até agora.

— Os editores

Por Adam T. Hadhazy


Hoth. Coruscant. Endor. Esses nomes soam familiares aos fãs de uma galáxia muito distante – o cenário dos filmes *Guerra nas estrelas*, incluindo do longa-metragem de animação *Guerra nas estrelas: A guerra dos clones*. E quem conhece V391 Peg b? GJ3021? WASP-15? Se você imaginou serem andróides de *Guerra nas estrelas* errou. São os nomes de planetas encontrados em torno de outras estrelas em nossa própria galáxia, a Via Láctea.

Lenta, mas inexoravelmente, pesquisadores estão aprendendo que nossa vizinhança estelar está repleta de planetas conhecidos como exoplanetas. Muitos são tão exóticos quanto qualquer coisa na saga de *Guerra nas estrelas*, e algum dia poderão ter nomes memoráveis.

Astrônomos descobriram mais de 300 exoplanetas desde 1991 e devem encontrar muitos outros. David Bennett, astrofísico da Notre Dame University e dedicado caçador de planetas, diz que as atuais estimativas sugerem que cerca de 30% das estrelas têm planetas em suas órbitas, mas pessoalmente acredita que esse percentual esteja mais próximo de 50%, levando-se em conta que a tec-

nologia atual ainda não é capaz de identificar, por exemplo, planetas pequenos como a Terra. Como existem pelo menos 100 bilhões de estrelas na Via Láctea, significa que cerca de 50 bilhões de sistemas planetários podem ser descobertos “acreditamos, na verdade, haver muito mais planetas que estrelas no espaço”, avalia Bennett.

Diferentemente dos mundos habitáveis de *Guerra nas estrelas*, nenhum dos exoplanetas descobertos até agora é semelhante à Terra, tanto em tamanho quanto em distância de sua estrela-mãe, para ser considerado candidato promissor a abrigar a vida. A vasta maioria dos exoplanetas conhecidos é denominada “Júpiteres quentes” (ou “Yavins quentes”, na terminologia de *Guerra nas estrelas*), grandes corpos gasosos em órbitas próximas de suas respectivas estrelas. Mas a aparente preponderância de lugares inóspitos pode ser resultado das limitações dos métodos de detecção disponíveis. Telescópios baseados na Terra coletam evidências apenas indiretas da presença de um planeta em torno de uma estrela sob a forma de variações regulares da luz estelar. E planetas menores, como a Terra, produzem efei-

An artistic rendering of a celestial system. The upper portion of the image is dominated by a large, bright red star with a textured, fiery surface. In the lower right foreground, a large, blue planet is partially visible, showing a curved horizon. The background is a dark space filled with numerous small, distant stars.

CONCEPÇÃO ARTÍSTICA MOSTRA planeta com massa 22 vezes superior à da Terra em torno da estrela Gliese 436, à distância de 33 anos-luz da Terra. Descoberto em 2004, planeta está 0,29 UA da estrela-mãe.

A PROCURA POR OUTRAS TERRAS

Pesquisas devem concentrar esforços na detecção de planetas com porte e condições terrestres, em busca de outras formas de vida, especialmente as inteligentes.

A identificação de um planeta orbitando o pulsar PSR 1257, em 1992, foi surpreendente porque, em princípio, o último lugar em que alguém pensaria encontrar uma dessas formações seria nas proximidades de um remanescente de supernova. E a razão para esse pessimismo é simples e direta: a estrela de nêutrons, que emite radiação pelos polos magnéticos e justifica o nome de pulsar, é o caroço que sobrou da explosão mais poderosa do Universo. Um planeta sobreviveria a esse cataclismo?

De qualquer maneira, quando o planeta que orbita PSR foi encontrado, com o radiotelescópio de Arecibo, em Porto Rico, o paradigma clássico envolvendo formação planetária já estava abalado. Foi especialmente o brilhante matemático e astrofísico inglês James Hopwood Jeans (1877-1946), que sustentou a idéia de que o Sistema Solar seria uma espécie de acidente cósmico. Nesse caso, de acordo com Jeans, uma estrela errante, passando pelas proximidades do Sol – as estrelas estão todas em movimento, apesar de aparentemente fixas no céu – teria arrancado, por efeito-maré, uma porção de matéria que deu origem ao Sistema Solar. Assim, seríamos uma raridade, senão a única ocorrência dessa natureza no Universo.

Em 1983, por pura serendipidade – expressão com que filósofos e historiadores da ciência se referem ao que pode parecer pura coincidência – quando o Infrared Astronomical Satellite (Iras) europeu foi lançado, os técnicos fizeram um apontamento em direção a Vega, alfa da constelação de Lira, para a tarefa de calibragem. E ficaram surpresos ao constatar a presença de um enorme disco de gases e poeira girando em torno dessa estrela, indicando o que foi interpretado como um sistema planetário em formação. Essa descoberta inesperada em torno de Vega apenas reforçou o que já havia sido detectado com telescópios de superfície ao redor da estrela beta Pictoris, na constelação do Pintor, próximo ao Cruzeiro do Sul, que também está envolta por material que deve formar um sistema planetário.

A idéia de planetas girando em torno de muitas das estrelas da Galáxia não era exatamente nova. Na realidade, foi parte das acusações de heresia que levaram à morte na fogueira, em fevereiro de 1600, o filósofo italiano Giordano Bruno.

Mas, em 1600, faltava uma década quase inteira para que Galileu utilizasse pela primeira vez uma luneta para a observação do céu. E mesmo a versão mais elaborada dos seus equipamentos não teria resolução para localizar o feto planetário em torno de Vega, beta Pictoris, Fomalhaut ou qualquer uma das inúmeras estrelas agora identificadas com esse envoltório de gases e poeira interestelares.

Em meio à mudança de paradigma envolvendo a origem de sistemas planetários, em 8 de abril de 1960, no Observatório Nacional de Radioastronomia – em Green

Bank, na Virgínia Ocidental –, o radioastrônomo americano Frank Drake iniciou a busca por civilizações extraterrestres utilizando sinais de rádio, também conhecida como Seti (na sigla em inglês). As observações pioneiras de Green Bank – projeto Ozma – representaram um marco tanto histórico como metodológico ao estabelecer padrões seguidos por outras iniciativas nessa área.

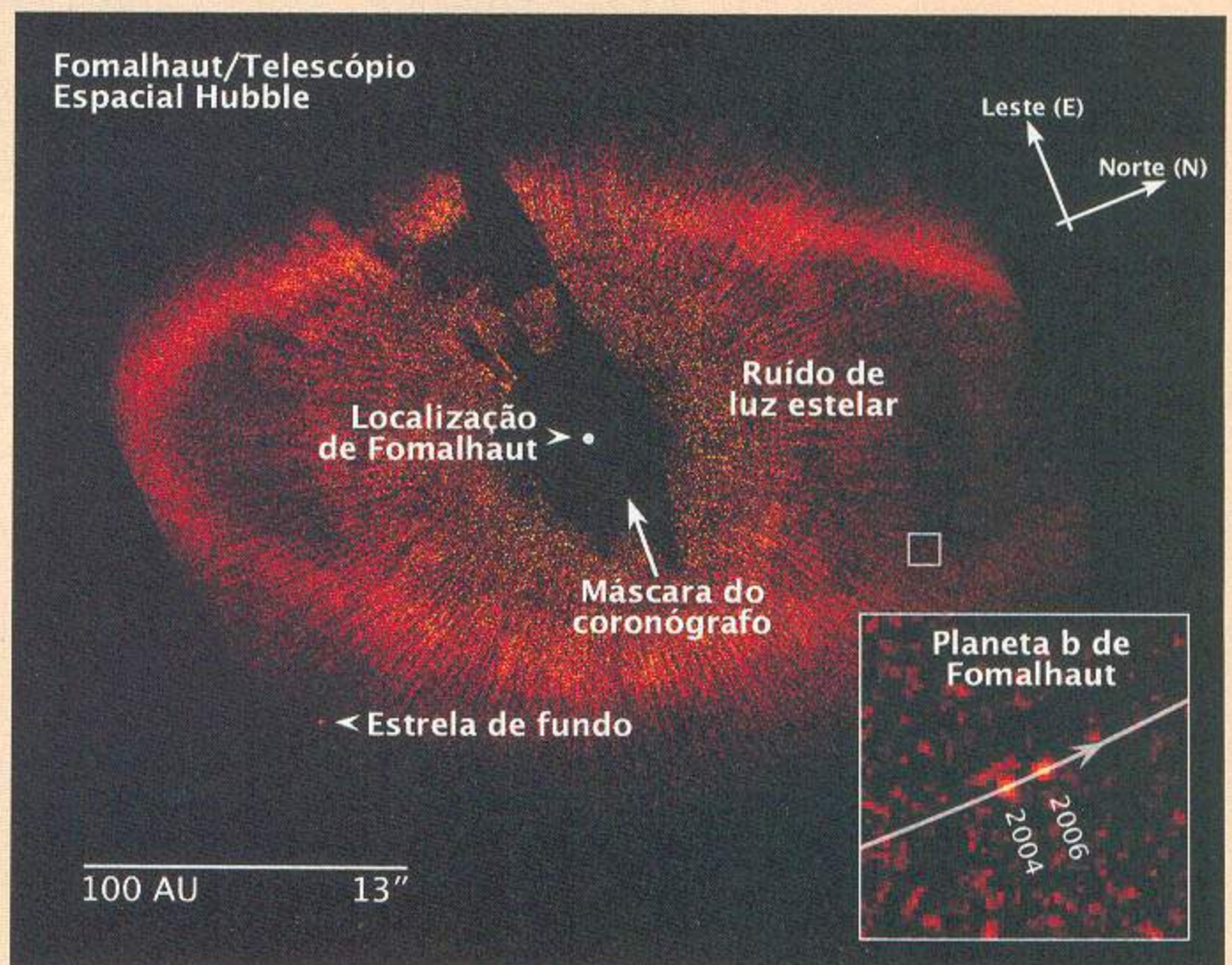
Frank Drake não só tentou captar sinais – intencionais ou acidentais – de eventuais outras civilizações galácticas como enviou sinais da Terra, numa leitura livre algo equivalente a “alô, tem alguém por aí?”. Os sinais intencionais são aqueles destinados a estabelecer uma espécie de radiotelegrafia cósmica. Com esse objetivo foi proposta uma “frequência mágica” de 17 cm, equivalente à emissão da hidroxila radical formada por um átomo de oxigênio e um de hidrogênio, onde se espera que eventuais inteligências possam encontrar-se por radiossinais.

As emissões acidentais são geradas, por exemplo, pelas transmissões de TV e que escapam para o espaço interestelar. As emissões de Drake foram criticadas pelo radioastrônomo inglês Martin Rees, para quem “não devemos dar o endereço de casa a desconhecidos”.

Em meados de novembro passado foram liberadas imagens feitas pelos telescópio Keck, de 10 metros de diâmetro, e Gemini, de 8 metros, ambos no Havaí, mostrando o que deve ser um sistema planetário triplo em torno da estrela HR 8799, a 130 anos-luz. Com massa equivalente a 1,5 massa solar, HR 8799 está acompanhada de mundos com várias vezes a massa de Júpiter. Antes disso, o telescópio Hubble fotografou um planeta com três massas de Júpiter, orbitando a estrela Fomalhaut, na constelação de Peixe Austral, a 25 anos-luz do Sistema Solar.

Uma nova geração de telescópios, os hipertelescópios, deverá varrer os céus a partir da próxima década, especialmente em busca de mundos como a Terra. A intenção por trás desse esforço é descobrir se temos companhia. Ou se somos os únicos na imensidão do Universo.

– Ulisses Capozzoli



tos minúsculos, difíceis de discernir contra o disco luminoso de suas estrelas-mães.

A agência espacial americana e outras organizações espaciais já lançaram ou estão planejando novas missões para melhor identificar planetas semelhantes à Terra. Um satélite europeu denominado Convection Rotation and Planetary Transits (Corot), projeto que tem a participação do Brasil, vem procurando exoplanetas desde 2007. Neste início de ano a Nasa tem planos de colocar em operação o telescópio espacial Kepler. Esse equipamento, orbitando o Sol, espiará simultaneamente 100 mil estrelas durante quatro anos em busca das delicadas assinaturas de mundos como a Terra.

Por ora devemos nos satisfazer com as concepções artísticas para ter uma idéia do aspecto desses mundos extra-solares. Mas a obtenção de imagens reais de exoplanetas deve ser possível em breve. O projeto The New Worlds Observer, em princípio previsto para o fim da próxima década, empregará um “anteparo estelar” em forma de flor para barrar o intenso ofuscamento da luz estelar que impede a visão de seus planetas. Os cientistas esperam, então, obter imagens diretas de exoplanetas e estudar suas atmosferas em busca de indícios de vida, como sugerem a presença de oxigênio e vapor d’água. “O New Worlds Observer permitirá a busca de evidências de oceanos, e até mesmo de continentes, em exoplanetas em órbita de estrelas próximas da Terra”, avalia Webster Cash, desenvolvedor do anteparo estelar, astrofísico e cientista planetário da University of Colorado, em Boulder.

E então poderão surgir alguns planetas que ganharão nomes próprios. Hoje, os exoplanetas são referidos pelo nome das estrelas que orbitam, seguidos de uma letra (a, b, c...) dependendo de quantos outros planetas estão presentes no sistema. E as próprias estrelas são usualmente catalogadas simplesmente pelas primeiras uma ou duas sílabas da constelação em que aparecem, com alguns dígitos antes ou depois; por isso, temos designações como R2D2.

Por enquanto, a União Astronômica Internacional (IAU, na sigla em inglês), que oficialmente dá nome aos corpos celestes, tem evitado batizar exoplanetas. “Mas quando encontrarmos alguns realmente importantes, semelhantes à Terra, a IAU provavelmente será obrigada a tomar algumas decisões sobre nomes”, prevê Cash. E havendo mais de 50 bilhões de exoplanetas aguardando batismo, quem sabe? Talvez nossos netos cresçam aprendendo sobre planetas reais com nomes inventados por George Lucas.



PSR 1257 b e PSR 1257 c

Hiperteleoscópios do futuro poderão mostrar mundos pequenos como a Terra. Neste momento, só concepções artísticas podem sugerir detalhes

10. Primeira Descoberta

A primeira evidência confiável da existência de um exoplaneta (planeta extra-solar) surgiu em 1992, quando cientistas calcularam que dois corpos deveriam estar orbitando o pulsar PSR 1257. Pulsares são estrelas de nêutrons em rápida rotação (remanescentes superdensos de estrelas enormes que explodiram – em eventos de supernovas), que emitem ondas de rádio em pulsos. Pesquisadores julgaram que os dois planetas são o que restou dos núcleos rochosos de gigantes de gás cujas atmosferas foram ejetadas pelo evento supernova anterior, ou podem ter sido formados numa segunda rodada de formação planetária após a supernova.

Nomes dos exoplanetas: **PSR 1257 b e PSR 1257 c**

Nome da estrela/constelação: **PSR 1257/Virgem**

Distância da Terra: **978 anos-luz (um ano-luz é a distância que a luz percorre no vácuo em um ano: ou 9,46 trilhões de quilômetros).**

Massa do exoplaneta: **4,1 e 3,8 Terras (0,013 e 0,012 Júpiteres)**

Distância de sua estrela: **0,36 e 0,46 UA (uma unidade astronômica é igual à distância média entre a Terra e o Sol, ou 150 milhões de km).**

Ano da descoberta: **1991**

9. Mundo Extraordinário

Primeiro exoplaneta descoberto em torno de uma estrela típica ou da “sequência principal”, semelhante ao nosso Sol, o gasoso 51 Pegasi b completa uma órbita em torno de sua estrela a cada quatro dias. Muitos exoplanetas descobertos depois dele são bastante semelhantes a “Júpiteres quentes”, assim designados por seu tamanho e proximidade de suas respectivas estrelas. Esses mundos são detectados freqüentemente por uma técnica comum empregada na caça a exoplanetas, denominada método de velocidade

radial. Com ela, cientistas buscam mudanças regulares na luz emitida por uma estrela, produzidas pelo “puxão gravitacional” de um exoplaneta. Belerofonte é o apelido da 51 Pegasi b – numa referência ao herói mítico grego que capturou Pégaso, o cavalo alado.

Nome do exoplaneta: **51 Pegasi b**

Nome da estrela/constelação: **51 Pegasi/Pégaso**

Distância da Terra: **48 anos-luz**

Massa do exoplaneta: **0,47 Júpiter**

Distância de sua estrela: **0,05 UA**

Ano da descoberta: **1995**

8. Sobrevivente de uma Catástrofe

V391 Pegasi b distingue-se como o único planeta conhecido a orbitar uma estrela que já deixou para trás sua fase de gigante vermelha. À medida que estrelas como o nosso Sol envelhecem, elas

Maior parte dos exoplanetas é de massa elevada, capaz de produzir efeitos gravitacionais nas estrelas-mãe

vão esgotando o combustível nuclear em seus núcleos e incham até centenas de vezes seus tamanhos originais. Quando nosso próprio Sol tornar-se uma gigante vermelha, em 5 bilhões de anos, provavelmente engolfará Mercúrio e Vênus e, se não envolver também a Terra, torrá-la o planeta, fazendo ferver os oceanos, terminando por converter em inóspitas cinzas nosso mundo agora verdejante. Cientistas acreditam que V391 Pegasi b formou-se aproximadamente à mesma distância de sua estrela, que a Terra do Sol. Essa distância então diminuiu à medida que a estrela expandiu para cerca de 0,3 UA, mas o exoplaneta, a partir de então, migrou para órbitas comparativamente mais distantes que a de Marte, à medida que sua estrela foi perdendo massa. A persistência de V391 Pegasi b pode ser animadora para o destino da Terra e de outros planetas que orbitam futuras gigantes vermelhas, embora não para seus eventuais habitantes.

Nome do exoplaneta: **V391 Pegasi b, or V391 Peg b**

Nome estrela/constelação: **V391 Pegasi/Pégaso**

Distância da Terra: **4.550 anos-luz**

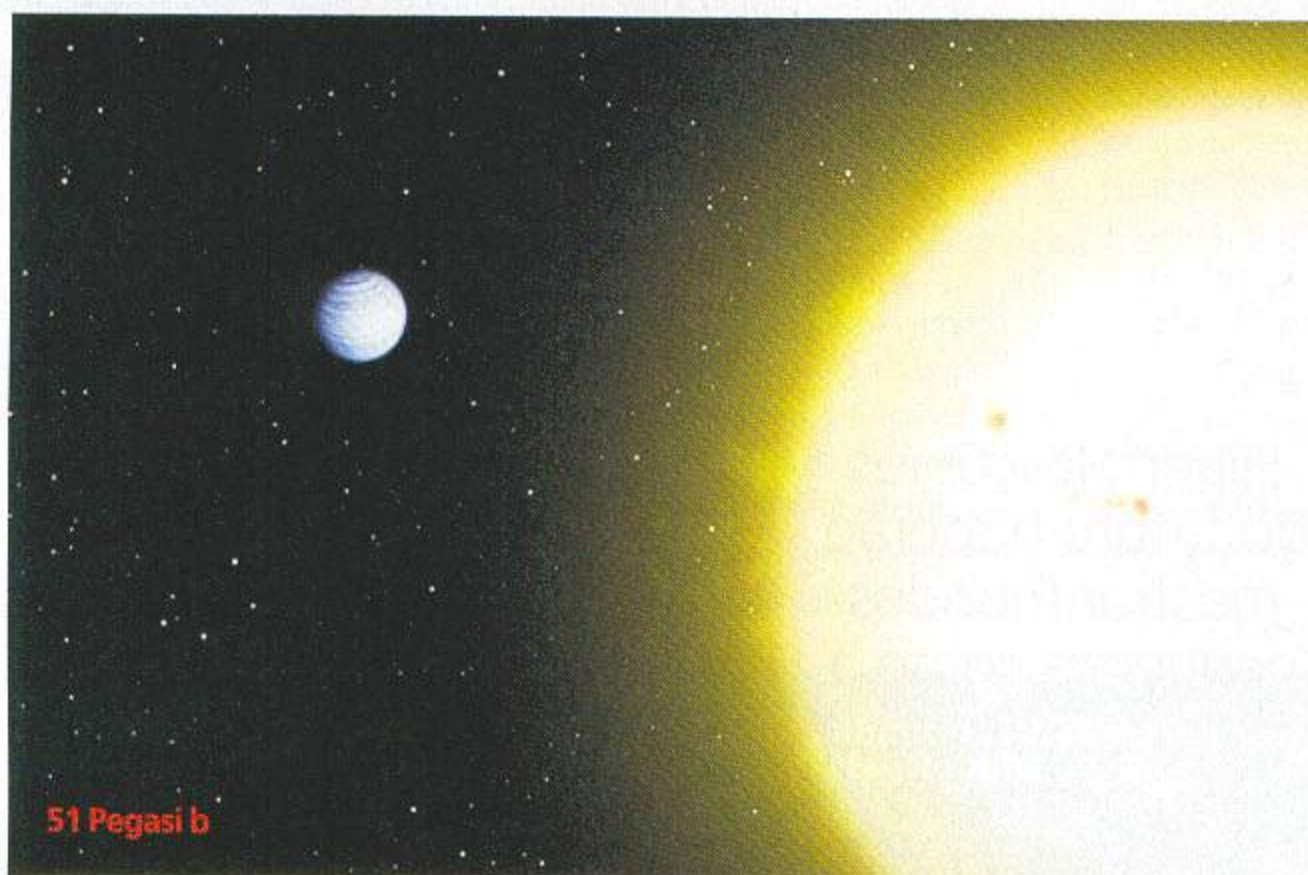
Massa do exoplaneta: **3,2 Júpiteres**

Distância da estrela-mãe: **1,7 UA**

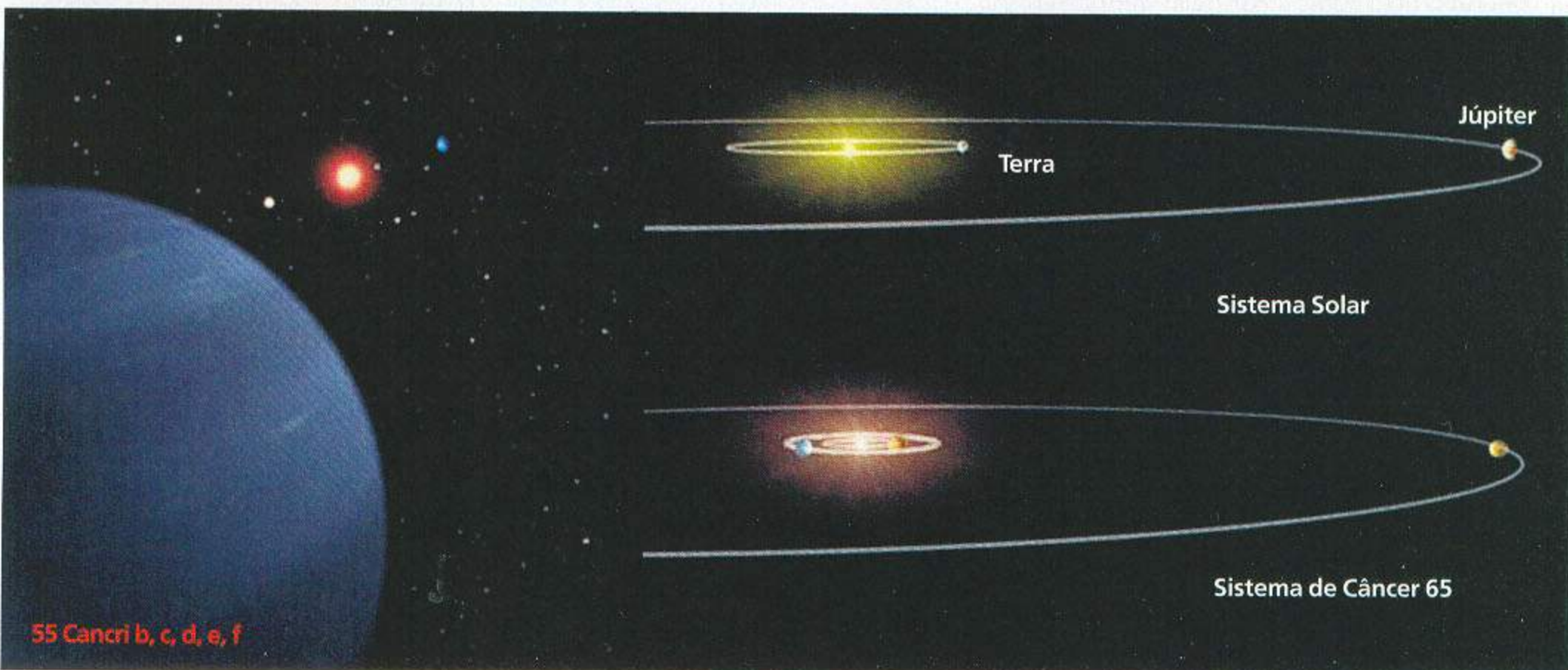
Ano de descoberta: **2007**

7. Um Colar Planetário

Em 2007, astrônomos descobriram um quinto planeta em torno da estrela 55 Câncer, semelhante ao Sol, dando um aspecto familiar a esse sistema solar, e fazendo dele o mais povoado de planetas, até agora, com exceção do nosso. Todos os cinco planetas confirmados no sistema são versões “jumbo” da Terra e de seus vizinhos, incluindo uma megaterra rochosa e uma gigante



51 Pegasi b



55 Cancri b, c, d, e, f



Gliese 581 c

gasosa com massa quatro vezes maior que a de Júpiter. Estudos recentes prevêem outros dois corpos celestes na ciranda planetária em torno de 55 Câncer. E para tornar as coisas ainda mais complicadas, uma pequena estrela anã vermelha também orbita a estrela primária a aproximadamente 1 mil UA. No geral, a casa apinhada de 55 Câncer revela que arranjos multiplanetários podem, na realidade, ser relativamente comuns.

Nomes dos exoplanetas: **55 Cancri b, c, d, e, f**

Nomes estrela/constelação: **55 Cancri/Câncer**

Distância da Terra: **44 anos-luz**

Massas do exoplanetas: **De 18 Terras a quatro Júpiteres**

Distância de sua estrela-mãe: **entre 0,04 e 5,9 UA**

Ano da descoberta mais recente: **2007**

6. Estranho Mundo Congelado

Cientistas acreditam que Gliese 436 b (também chamada GJ 436 b), um exoplaneta do porte de Netuno, é pesado demais para ser inteiramente de gás, mas não suficientemente denso para ser inteiramente rochoso. Supõem que além de gás e rochas, o exoplante contenha também uma espécie de gelo. Sob pressão a temperaturas elevadas, na Terra esse gelo existe apenas em laboratórios, onde é designado por nomes como “gelo VII” e “gelo X”. As altas pressões, no interior do planeta, podem estabilizar esse estado sólido alternativo à água, semelhante à maneira como pressões intensas na crosta da Terra podem pressionar átomos de carbono para formar diamantes cristalinos. Nesta representação artística, prováveis hidrogênio e hélio na atmosfera em Gliese 436 b dão ao exoplaneta um aspecto azulado.

Nome do exoplaneta: **Gliese 436 b, ou GJ 436 b**

Nome estrela/constelação: **Gliese 436 ou GJ 436/Leão**

Distância da Terra: **33 anos-luz**

REPRESENTAÇÃO ARTÍSTICA de uma superterra em torno de Gliese 581.



[O AUTOR]



Adam T. Hadhazy é jornalista freelance em Nova York. Costuma escrever para ScientificAmerican.com, Discover magazine, e Space.com.

Massa do exoplaneta: **22 Terras (0,07 Júpiter)**

Distância de sua estrela: **0,029 UA**

Ano da descoberta: **2004**

5. Nem Quente nem Frio

Quando astrônomos identificaram Gliese 581 c, a descoberta deflagrou uma enxurrada de afirmações segundo as quais esse exoplaneta está na denominada zona “Goldilocks” (Menina dos cachinhos de ouro) onde água líquida pode existir na superfície planetária. Gliese 581 c orbita mais próxima de sua estrela que Mercúrio em torno do Sol, mas sua estrela é uma estrela anã vermelha 50 vezes mais fria que nosso Sol, o que, julgavam os pesquisadores, o colocaria na zona habitável daquela estrela. Mas novos estudos revelaram que Gliese 581 c está provavelmente próxima demais de sua estrela. Um planeta vizinho, Gliese 581 d, também orbita no estimado limite da zona, mas parece estar um pouco longe, recebendo de sua estrela similar quantidade de energia à que Marte recebe do Sol. Apesar disso, cientistas acreditam que “d” pode ser a melhor candidata a abrigar vida. E tendo em vista que Gliese 581 é a 87ª estrela mais próxima da Terra, certamente não é um mau lugar para começar uma busca mais detalhada.

Nome do exoplaneta: **Gliese 581 c**

Nome estrela/constelação: **Gliese 581/Libra**

Distância da Terra: **20,5 anos-luz**

Massa do exoplaneta: **cinco Terras (0,016 Júpiter)**

Distância de sua estrela: **0,073 UA**

Ano da descoberta: **2007**

4. Um Mundo Abrasador

O HD 149026 b é um dos mais quentes exoplanetas conhecidos, com temperatura superficial capaz de ferver chumbo: aproximadamente 2 mil°C. Difíceis mensurações de luz refletida de sua superfície sugerem que a cor desse mundo pode ser absolutamente negra, talvez devido à estranha concentração elevada de elementos metálicos pesados em sua atmosfera. Mas, mesmo nesse caso, esse exoplaneta pode resplandecer com uma cor avermelhada, como uma brasa, devido a todo esse calor. Além de seu exterior assustador, pesquisadores acreditam que esse “Saturno quente” gasoso tem o maior núcleo planetário conhecido, estimado em cerca de 70 a 90 massas da Terra.

Nome do exoplaneta: **HD 149026 b**

Nome estrela/constelação: **HD 149026/Hércules**

Distância da Terra: **256 anos-luz**

Massa do exoplaneta: **0,38 Júpiter**

Distância de sua estrela: **0,042 UA**

Ano da descoberta: **2005**



Sagitário

Distância da Terra: **1.000 anos-luz**

Massa do exoplaneta: **3,3 Terras**

Distância de sua estrela: **0,62 UA (mais próximo que Vênus, cuja órbita média é 0,72 UA)**

Ano da descoberta: **2008**

1. Mundo Primordial

Acredita-se que o exoplaneta PSR B1620-26 b tenha sido formado há incríveis 13 bilhões de anos, ou seja, menos de 1 bilhão de anos após o Big Bang. Apropriadamente apelidado de Matusalém, esse provável gigante gasoso reside em um antigo tipo de galáxia denominado aglomerado globular, onde orbita duas anfitriãs estelares e um pulsar, ambos remanescentes de estrelas maiores. Acredita-se que, no passado, Matusalém tenha orbitado uma estrela amarela comum como nosso Sol, que tornou-se uma gigante vermelha, cedendo sua matéria a uma densa estrela

3. Planeta que Encolhe

Além de ser o primeiro exoplaneta já observado diretamente da Terra, quando transitou à frente de sua estrela, o exoplaneta HD 209458 b (também chamado Osiris) está também encolhendo. Devido à proximidade do inferno da estrela que orbita, o planeta é superaquecido a estimados 10 mil °C, o que, pesquisadores acreditam, faz com que ele esteja “suando” cerca de 10 mil toneladas de hidrogênio atmosférico por segundo, formando uma cauda semelhante à de um cometa. Acredita-se que o HD 209458 b possa, futuramente, perder toda sua atmosfera e ficar apenas com um núcleo derretido de magma. Esse mundo foi também o primeiro exoplaneta a dar sinais da existência de vapor d’água em sua atmosfera, seguido pela descoberta de metano.

Nome do exoplaneta: **HD 209458 b**

Nome da estrela/constelação: **HD 209548/Pégaso**

Distância da Terra: **153 anos-luz**

Massa do exoplaneta: **0,69 Júpiter (embora tenha um diâmetro um terço maior que Júpiter devido a seu inchaço atmosférico)**

Distância de sua estrela: **0,045 UA**

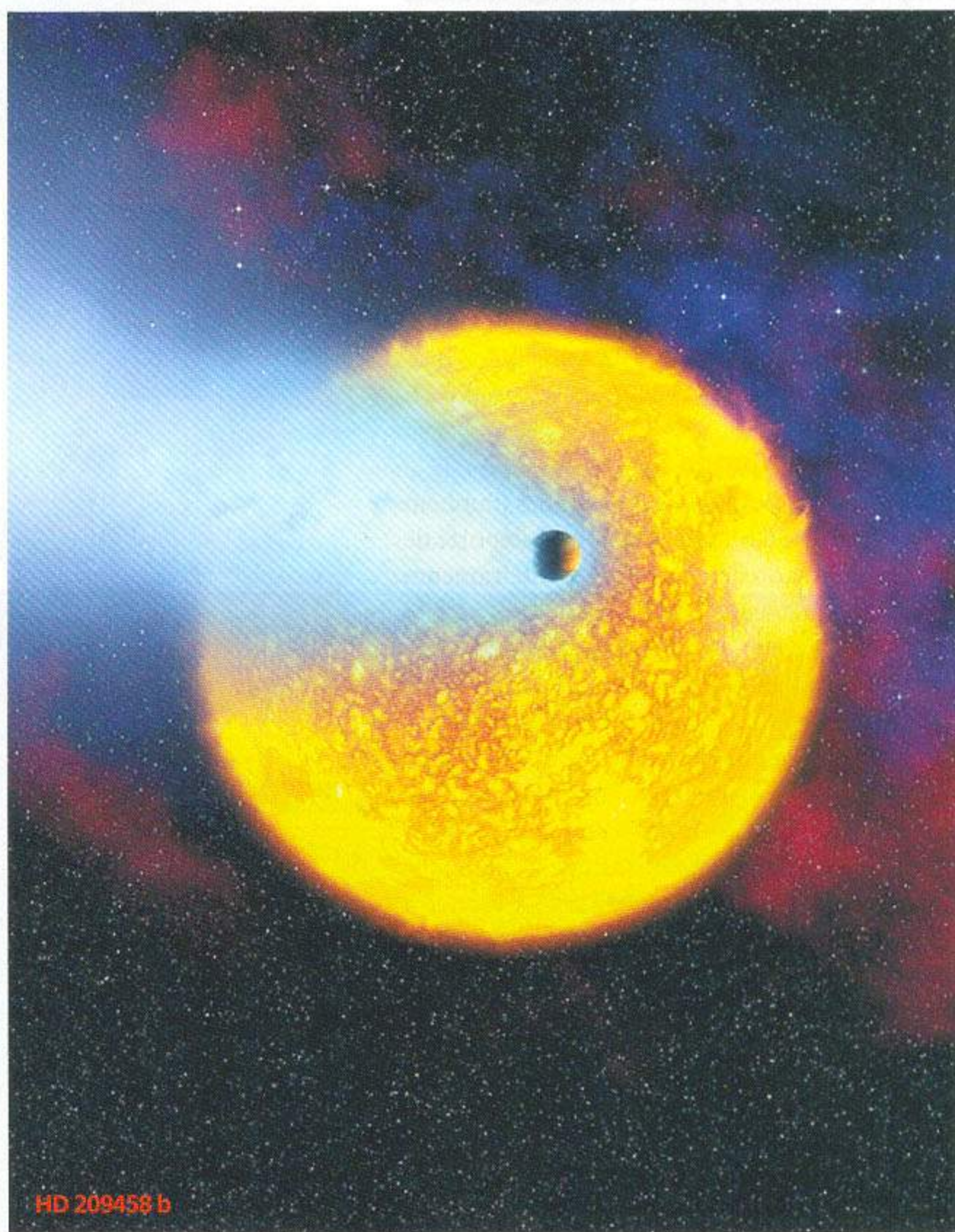
Ano da descoberta: **1999**

2. Um Parente da Terra

O exoplaneta MOA-192 b, que orbita uma estrela de cor púrpura nesta representação artística, é o menor descoberto até agora, com massa de aproximadamente 3,3 Terras. Orbita uma estrela não muito brilhante cuja massa é cerca de um vigésimo da massa de nosso sol, portanto, entre os planetas conhecidos, aquele que orbita a menor das estrelas. O tamanho diminuto dessa estrela, porém, é bastante comum no Universo, de modo que a descoberta de que ela pode abrigar corpos planetários anima os pesquisadores quanto às chances de encontrar planetas semelhantes à Terra. O MOA-192 b foi detectado com uso do efeito de microlente gravitacional, fenômeno previsto por Albert Einstein.

Nome do exoplaneta: **MOA-192 b**

Nome da estrela/constelação: **MOA-2007-BLG-192-L/**



HD 209458 b

de nêutrons, a mais recente das quais tornou-se, nesse processo, um pulsar rotativo. Situado entre outras estrelas no aglomerado, cientistas acreditam ser provável que Matusalém tenha sido impactado por radiação de muitas explosões supernovas durante sua vida. Em vista do histórico violento do planeta é improvável que a vida possa ter surgido ali. Sua presença, porém, sugere que muito tempo atrás, num aglomerado globular distante pode ter existido um mundo.

Nome do exoplaneta: **PSR B1620-26 b**

Nome da estrela/constelação: **PSR B1620-26/Escurião**

Distância da Terra: **5.600 anos-luz**

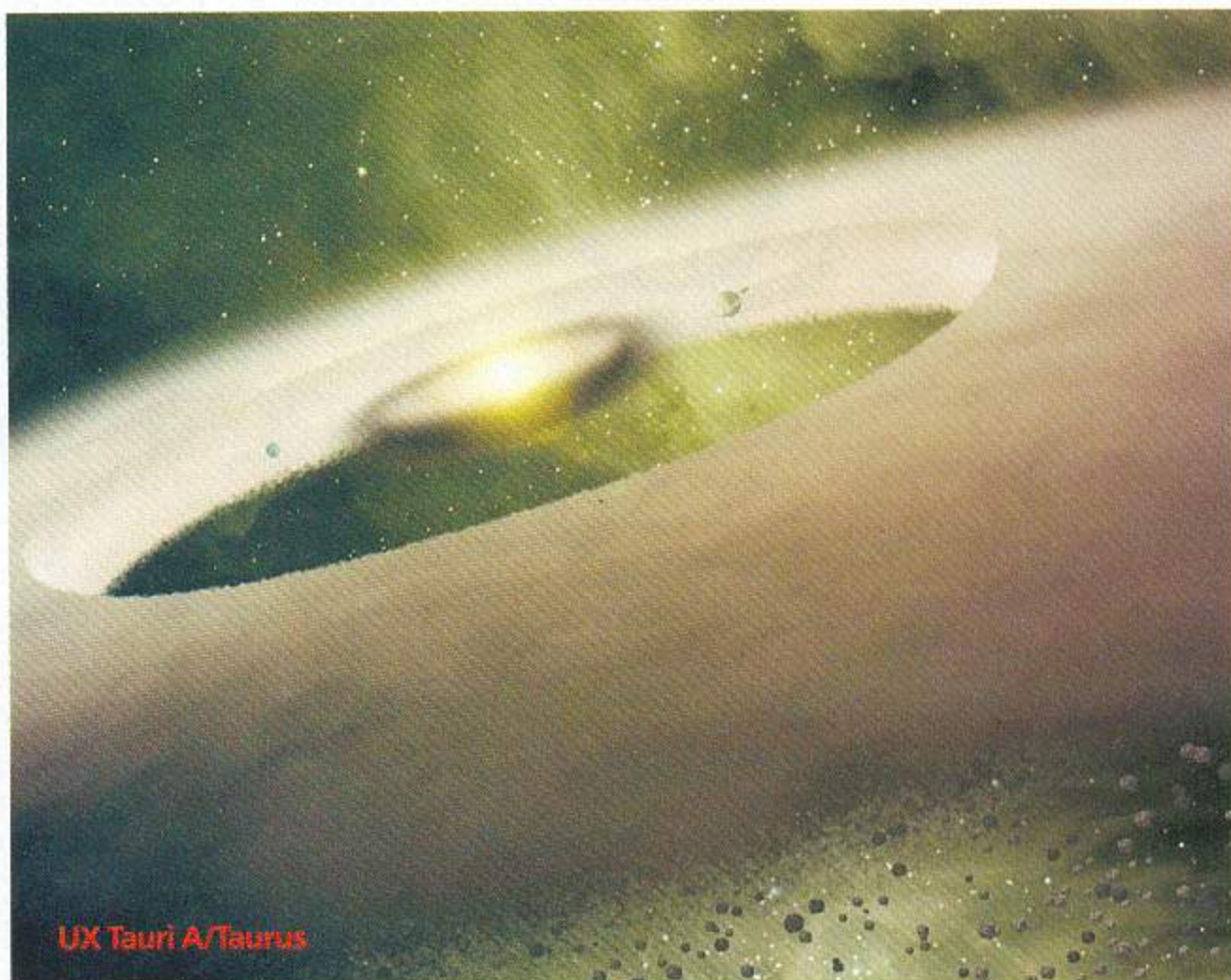
Massa do exoplaneta: **2,5 Júpiteres**

Distância de sua estrela: **23 UA (tão distante quanto a órbita de Urano)**

Ano da descoberta: **1994**

Formação Recente

Embora não tenham sido confirmados exoplanetas em torno de uma estrela denominada UX Tauri a, cientistas detectaram um enorme hiato em seu disco protoplanetário, indicando que um planeta pode estar se formando. Em redemoinho, esses discos de gás e poeira (resíduos de material da formação de estrelas) formam-se em torno do equador de uma estrela e então estendem-se espaço afora. Acredita-se que pedacinhos de matéria nesses discos vão se chocando e aglutinando, ficando suficientemente grandes, com o passar do tempo, para exercer uma força gravitacional suficientemente forte para atrair outras partículas. Com o passar do tempo, esse efeito bola de neve pode produzir planetas que recolhem detritos em suas trajetórias orbitais. (O cinturão de asteróides entre Júpiter e Marte é um exemplo de



UX Tauri A/Taurus

região nunca inteiramente limpa que só foi estabilizada pela atração combinada do sol e de Júpiter.) Pesquisadores acreditam que a Terra foi formada há 4 bilhões de anos, quando o Sol tinha apenas 600 milhões de anos de existência. A UX Tauri A existe apenas há um milhão de anos, o que torna seu possível planeta um candidato a mais jovem exoplaneta já encontrado.

Nome da estrela/constelação: **UX Tauri A/Touro**

Distância da Terra: **450 anos-luz**

Distância de sua estrela: **entre 0,2 e 56 UA**

(aproximadamente a distância entre Mercúrio e Plutão)

Ano da descoberta: **2007**

PARA CONHECER MAIS

New worlds in the cosmos: the discovery of exoplanets. Michel Mayor e Pierre-Yves Frei. Traduzido para o inglês por Boud Roukema, Cambridge University Press, 2003. http://www.amazon.com/New-Worlds-Cosmos-Discovery-Exoplanets/dp/0521812070/ref=sr_1_4?e=UTF8&s=books&qid=1224303438&sr=1-4

PlanetQuest. Website da Nasa sobre exoplanetas. No mesmo site está o Atlas de Novos Mundos: <http://planetquest.jpl.nasa.gov/index.cfm>

How long until we find a second Earth? Robert Kunzig. Discover, edição de novembro de 2008. Disponível on-line: <http://discovermagazine.com/2008/nov/10-how-long-until-we-find-a-second-earth/?searchterm=exoplanet>

A cor das plantas em outros mundos. Nancy Y. Kiang, SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, ed. 72, maio de 2008. Disponível on-line em inglês em: <http://www.sciam.com/article.cfm?id=the-color-of-plants-on-other-worlds>

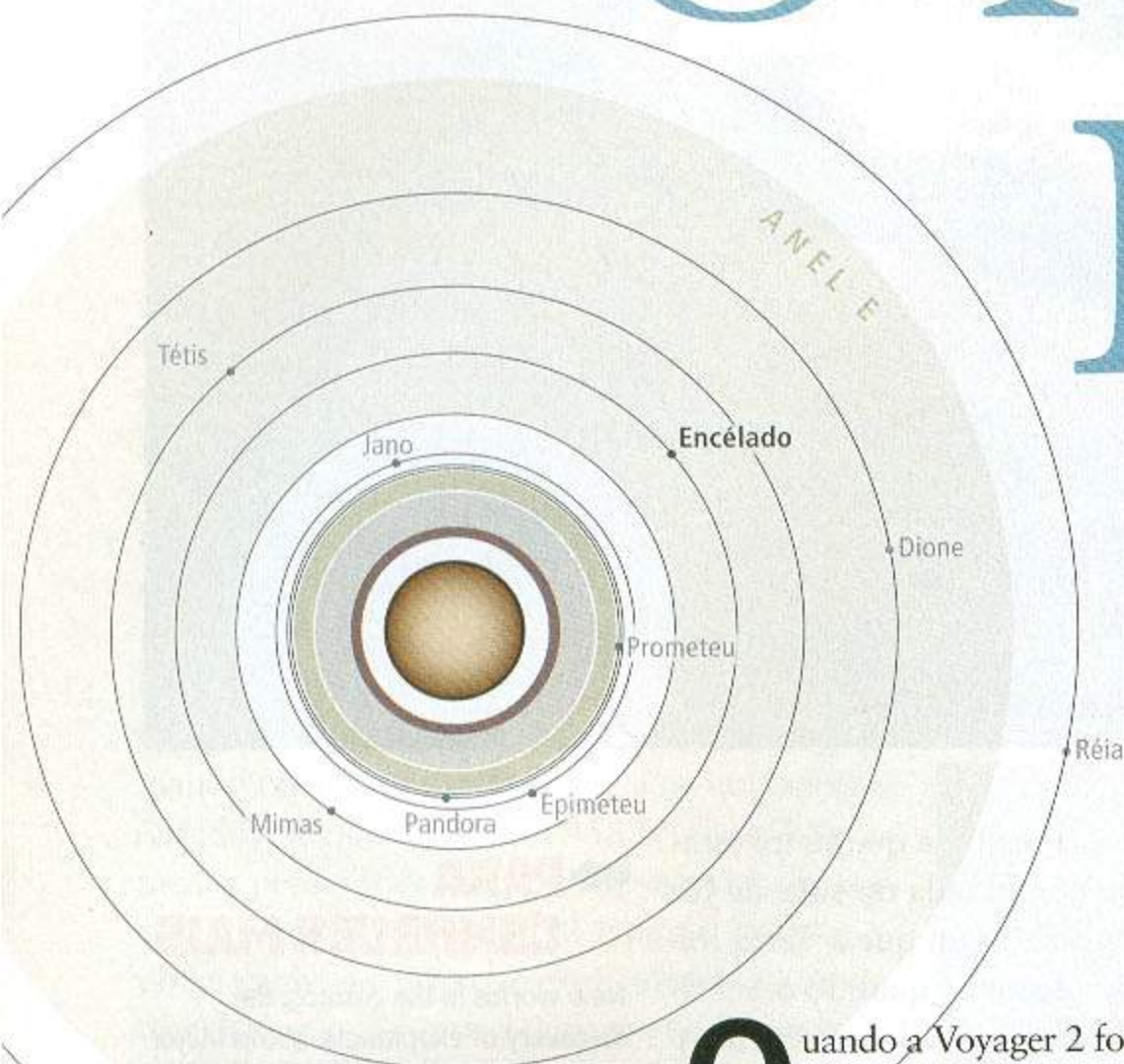
Telegramas para Marte: a busca científica de vida e inteligência extraterrestres. Eduardo D. Barcelos. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001.



MOA-192 b

PÔR-DO-SOL VIOLETA? O exoplaneta MOA-192 b é banhado por fulgor que lembra o sabre de luz "Mace Windu" irradiado por sua estrela nesta representação artística. Que posição ocupará esse mundo entre os "dez mais"?

O Agitado Encélado



Paisagens acidentadas e jatos emergentes da sexta maior lua de Saturno são indícios de abundância de água subterrânea e possível presença de vida

Por Carolyn Porco

CONCEITOS-CHAVE

- Em Encélado – lua de Saturno – jatos de neve pulverizada e vapor de água, carregados de compostos orgânicos, são lançados das “listas de tigre”, talhos profundos da superfície. Como um corpo com somente 500 km de diâmetro sustenta tanta atividade?
- A resposta pode ser a presença de líquidos subterrâneos, talvez um oceano que poderia aumentar a eficiência de aquecimento por forças de maré. Essa idéia foi confirmada por recentes sobrevôos.
- Se Encélado contém água líquida em seu interior ele se junta a Marte e à lua de Júpiter, Europa, como um dos primeiros locais do Sistema Solar onde se poderá procurar por vida extraterrestre.

— Os editores

Quando a Voyager 2 foi acelerada pelo sistema saturniano, há mais de um quarto de século, passou a 90 mil km da lua Encélado. Durante algumas horas, as câmaras da Voyager enviaram para a Terra uma série de imagens que deixaram os cientistas perplexos. Apesar dos diversos padrões de satélites de Saturno, Encélado era ainda mais estranho. Sua superfície gelada é branca e brilhante como neve fresca, e enquanto as outras luas sem atmosfera são intensamente pontilhadas por crateras, Encélado está coberto por extensas planícies de terrenos homogêneos e livres de crateras, evidência de que a atividade geológica passada foi realizada internamente. Com apenas 500 km de diâmetro, Encélado parece ser pequeno demais para gerar tanto calor por seus próprios meios. Era óbvio que alguma coisa incomum tinha acontecido a esse corpo para não deixar rastro dos registros de sua criação.

O breve encontro da Voyager só permitiu uma visão superficial e, apesar de tardia, a cobertura fotográfica dessa lua foi desastrosa: algumas imagens de resolução razoável do hemisfério norte e nenhuma do pólo sul. Não tínhamos idéia do que havíamos perdido.

O interesse gerado pela visita da Voyager fez com que uma investigação abrangente de Encélado se tornasse meta prioritária da missão Cassini a Saturno. Lançada em 1997, a Cassini passou sete longos anos cruzando o espaço interplanetário, transportando o

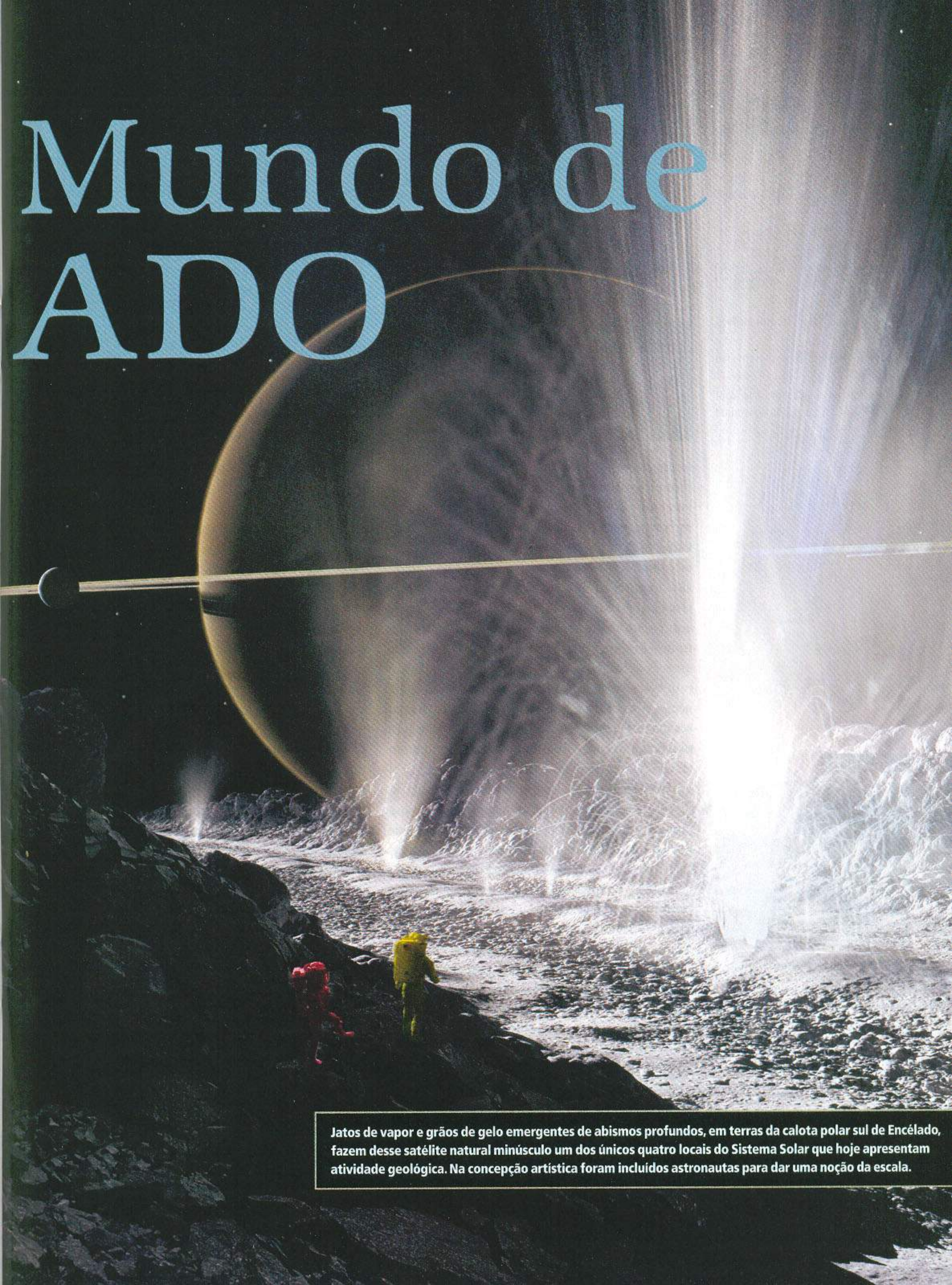
conjunto de instrumentos mais sofisticado já levado ao sistema solar externo. Cassini finalmente chegou ao destino em meados de 2004 (ver “Saturno, Afinal!” por Jonathan I. Lunine; SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, julho de 2004). Em dezembro daquele ano ela lançou uma sonda na atmosfera de Titã, a maior lua de Saturno, e depois começou sua exploração saturniana – Encélado foi então examinado mais perto que nunca ao longo dos últimos meses.

O que a sonda encontrou nesse pequeno mundo tectonicamente fraturado foi o sonho de qualquer explorador planetário e, agora, esse minúsculo posto avançado no fundo de um minissistema planetário magnífico inserido no Sistema Solar assumiu um significado incompatível com seu tamanho. Encélado não apenas tem calor suficiente para promover atividade geológica que altere sua superfície como também contém compostos orgânicos e provavelmente canais ou até mares de água líquida subterrânea. Energia, compostos orgânicos e água na fase líquida: esses são os pré-requisitos para a formação da vida como a conhecemos. Na exploração desse lugar alienígena e distante, nos defrontamos com um ambiente potencialmente favorável para organismos vivos. Não podemos ir além disso.

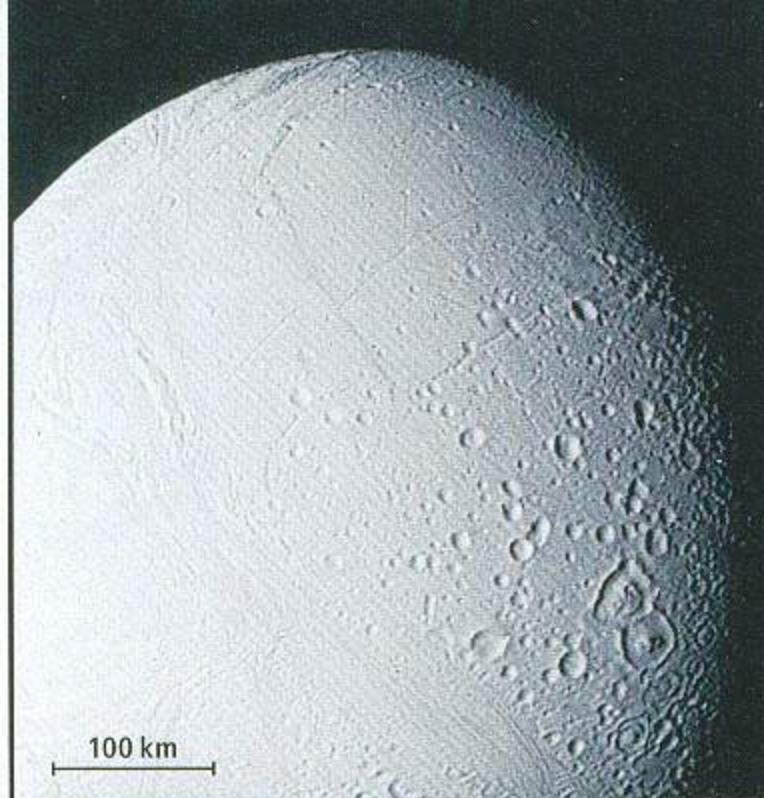
A Lenta Revelação de Encélado

O primeiro indício, embora não devidamente apreciado à época, pois estávamos envolvidos em

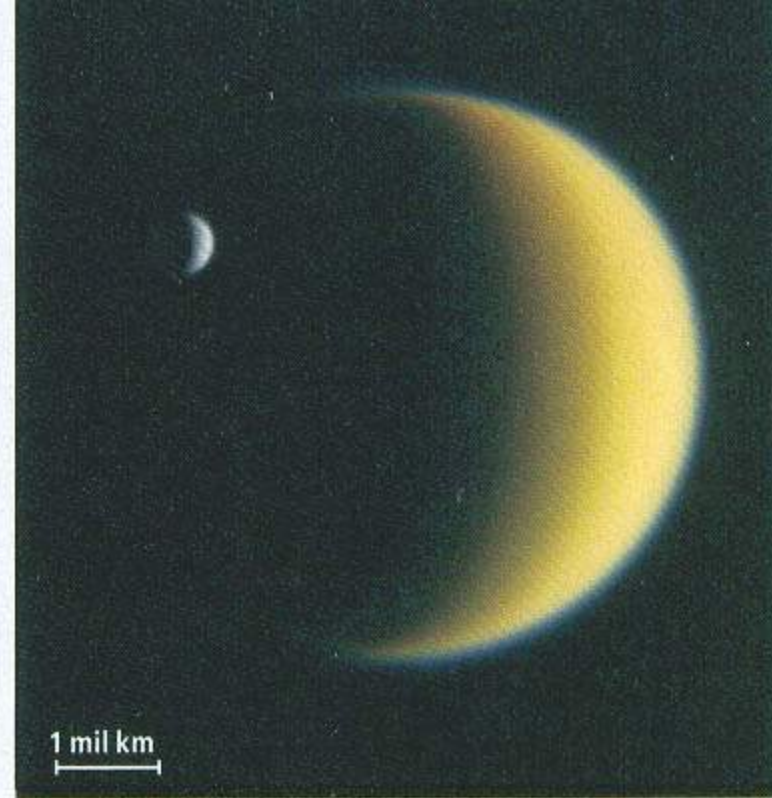
Mundo de ADO

An artistic rendering of the moon Enceladus. The scene is set on a dark, rocky terrain. In the foreground, two small, brightly colored figures (one red, one yellow) stand on a ledge, looking towards the landscape. The ground is covered in a layer of white, frost-like material. Several geysers are active, spraying jets of white vapor and ice grains into the air. A large, bright, vertical plume of white vapor and ice grains rises from the right side of the frame. In the background, a large, dark, spherical planet (Saturn) is visible, with its rings extending across the sky. The overall atmosphere is dark and mysterious, with a strong contrast between the dark rocks and the bright white vapor.

Jatos de vapor e grãos de gelo emergentes de abismos profundos, em terras da calota polar sul de Encélado, fazem desse satélite natural minúsculo um dos únicos quatro locais do Sistema Solar que hoje apresentam atividade geológica. Na concepção artística foram incluídos astronautas para dar uma noção da escala.



PRIMEIRO SOBREVÔO de Encélado pela Voyager 2 em 1981, forneceu imagens com cobertura limitada e baixa resolução. As áreas lisas indicam atividade geológica em passado recente.



ENCÉLADO (esquerda do centro) tem um décimo do tamanho da maior lua de Saturno, Titã. Corpos com essas dimensões perdem calor interno rapidamente. Com exceção de Encélado, estão todos geologicamente mortos. O que mantém Encélado ativo?

um projeto muito grande, surgiu antes mesmo da primeira vez que Cassini sobrevoou Encélado. Em janeiro de 2005 nossas câmaras obtiveram as primeiras imagens do Sol iluminando essa lua por trás, posição que os astrônomos chamam de alta fase solar. Exatamente como a poeira que se deposita no pára-brisas do carro torna-se muito mais visível quando dirigimos contra o Sol, assim se comportam as finas partículas espalhadas por todo o Sistema Solar quando a luz do Sol passa através delas. Essas condições de observação foram muito propícias durante toda a missão Voyager, pois revelaram estruturas que, de outra forma, seriam imperceptíveis nos anéis e na atmosfera de planetas externos e suas luas e foram fundamentais na investigação de Encélado.

As imagens de janeiro mostraram uma erupção (*flare*) a projetar-se no limbo do pólo sul da lua. Ninguém precisou dizer nada; nós, veteranos da Voyager, lembramos imediatamente das plumas vulcânicas que se elevavam acima de Io, lua de Júpiter, e a tênue névoa da atmosfera de Tritão, lua de Netuno. Membros da equipe de imageamento estavam convencidos que era forte evidência de que uma erupção estava ocorrendo no pólo sul; outros alertaram que esse efeito era provavelmente produzido por um desses mecanismos inconvenientes das câmaras que, com frequência, são acionados quando se observa o Sol frontalmente.

Eu estava indecisa. Infelizmente, estávamos todos muito ocupados planejando as próximas observações e escrevendo artigos científicos para realizar o tipo de análise detalhada que poderia encerrar a discussão. Sem tempo para verificação, tomei a decisão de não dizer nada publicamente; eu sabia muito bem como é embaraçoso anunciar uma descoberta de uma pluma de matéria emergindo da superfície de

uma lua que, geologicamente, se supunha morta, só para ter de, logo em seguida, admitir que era uma sujeira. Felizmente, não precisamos esperar muito.

Os dois primeiros sobrevôos de Encélado, em fevereiro e março, levaram a sonda a navegar ao longo do equador de Encélado. Os vôos revelaram resultados espetaculares. As planícies homogêneas registradas pela Voyager não eram totalmente uniformes. Ao contrário, em toda sua extensão havia finas fraturas, em escala subquilométrica, com locais atravessados por várias gerações de fraturas e sulcos, alguns lineares, outros curvos. Em outros pontos, a superfície era profundamente escoriada por fendas de 0,5 km de profundidade. Em escala mais reduzida, uma rede semelhante a uma teia de aranha formada por rachaduras estreitas aproximadamente paralelas, talhava a topografia em forma de lajes. Encélado certamente assistiu a múltiplos e diferentes episódios de atividade tectônica severa em seu passado e exibe cicatrizes que provam isso.

O sobrevôo de fevereiro produziu mais uma imagem em alta fase solar mostrando uma erupção maior e mais violenta que a anterior. Além disso, o magnetômetro indicou que as linhas do campo magnético de Saturno se distorciam à medida que a rotação do planeta as arrastava sobre Encélado – sinal de que as linhas do campo estavam capturando íons pesados. A fonte de íons parecia ser o pólo sul da lua. As evidências eram avassaladoras: nossos dispositivos de imageamento estavam começando a observar alguma coisa incrível.

Pesquisadores da Cassini apresentaram o caso aos dirigentes do projeto para que eles sugerissem alguma forma de melhorar as observações – particularmente, baixar a altitude do sobrevôo de julho de 2005 de mil quilômetros para 168 km. Eles concordaram. Em 14 de julho, a Cassini sobrevoou a lua

[A AUTORA]



Carolyn Porco é pesquisadora chefe do grupo de imageamento da Cassini, no Laboratório Central de Operações de Imageamento da Cassini (Ciclops, em inglês). Participou do grupo de imageamento da Voyager e de 2001 a 2003 foi vice-presidente do Comitê de Levantamento Decadal da Exploração do Sistema Solar da National Academy of Sciences, que estabeleceu prioridades para as ciências planetárias. Em janeiro, a Associação Humanista Americana concedeu-lhe o prêmio Isaac Asimov da Ciência e, em outubro, foi escolhida pela revista *Wired* – entre 15 pessoas – como aquela que o presidente eleito dos Estados Unidos deveria ouvir. Porco foi consultora do filme *Contato*, de 1997 e assessorou o diretor de cinema J. J. Abrams no novo filme *Jornada nas Estrelas* a ser lançado este ano.



BANCO DE DADOS: ENCÉLADO

Massa: **1,08 10^{20} kg**

Diâmetro: **504 km**

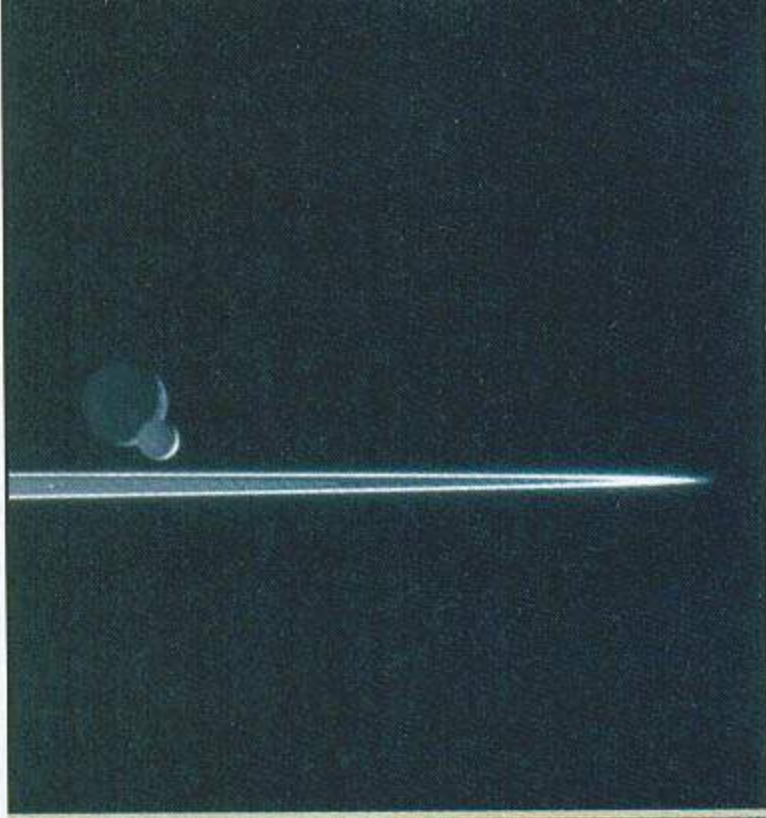
Densidade: **1,61 g/m³**

Distância orbital média de Saturno:
238.037 km

Período orbital: **1,37 dia**

Excentricidade: **0,0047**

Inclinação em relação ao plano
equatorial de Saturno: **0,0083°**



VISTO DA NAVE CASSINI, Encélado desliza à frente de Dione, uma lua maior e mais distante cuja gravidade é indiretamente responsável pela atividade de Encélado. A porção externa dos anéis de Saturno aparece em primeiro plano.

em altas e médias latitudes do hemisfério sul, premiando-nos pela primeira vez com uma visão clara do pólo sul, onde se descortina uma paisagem tão deslumbrante quanto geologicamente distinta de tudo que já se viu no Sistema Solar.

A superfície que cobre o pólo sul é uma região aproximadamente circular, livre de crateras e nitidamente lanhada por uma série de fraturas profundas e paralelas, que denominamos de “listas de tigre”. Igualmente espaçadas, elas percorrem 130 km e terminam em arcos curvos. Entre as listas estão planícies mais brilhantes que a média, de terrenos finamente sulcados e toda a região é fortemente demarcada em 55° de latitude sul por uma fronteira sinuosa circumpolar de montanhas e vales concêntricos. Os meandros da fronteira são espaçados aproximadamente a cada 45° de longitude, com longas fraturas que se estendem desde as vizinhanças do equador até regiões totalmente desprovidas de crateras.

A estrutura e localização das montanhas e vales sugeriram a Paul Helfenstein, da Cornell University, membro do grupo de imageamento, que a fronteira se formou quando a superfície foi dobrada ao ser comprimida horizontalmente ao longo da direção norte-sul, como uma fronteira tectônica convergente semelhante ao Himalaia. Assim, toda a região englobada equivale, em Encélado, à cadeia mesoatlântica – um centro de irradiação onde nova superfície se formou, estendendo-se para fora.

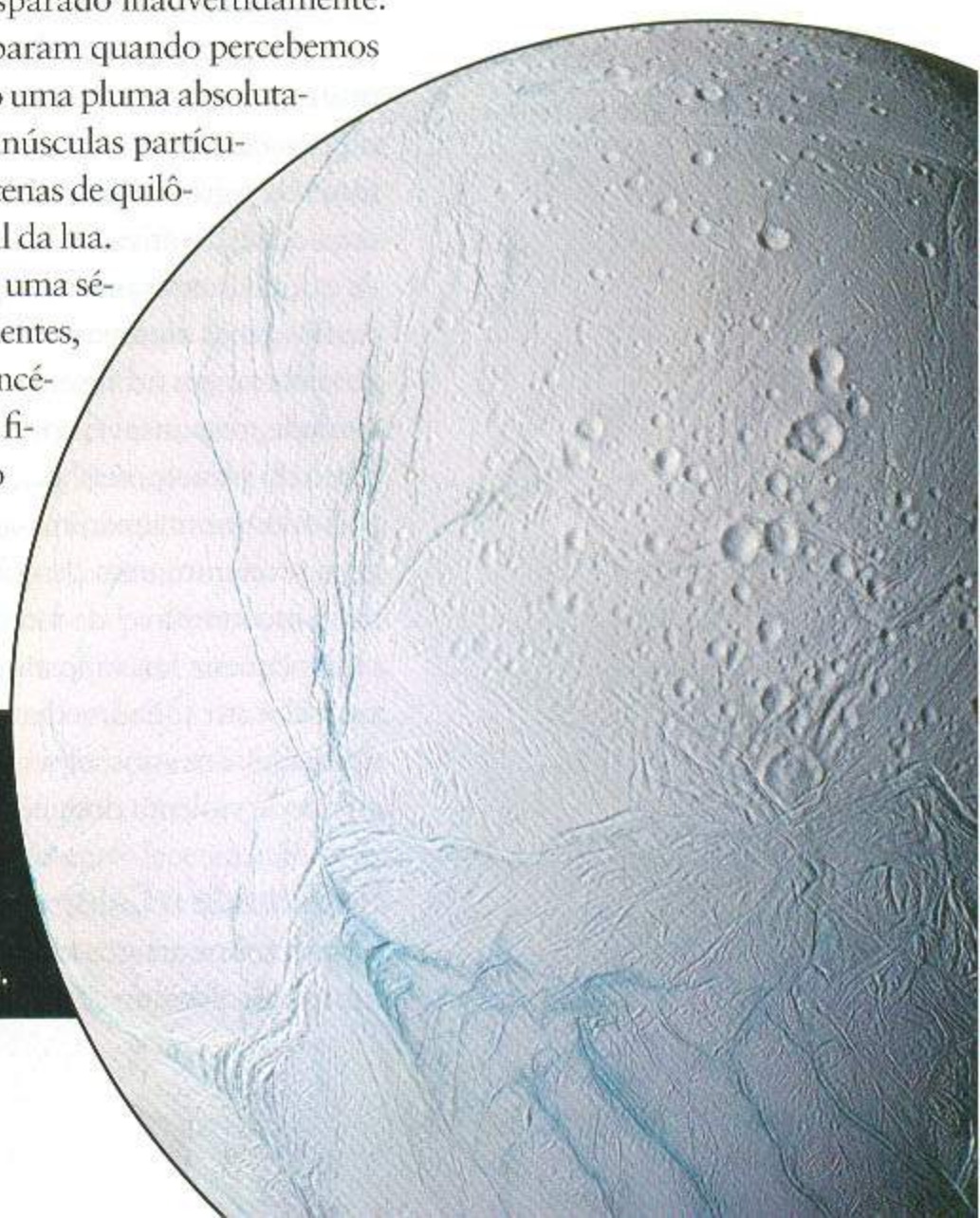
Evidentemente, há uma história gravada nas

formações dessa pequena lua que revela eventos catastróficos de seu passado, mas o presente, que estamos prestes a descobrir, é muito mais impressionante. Na incursão pelas cercanias das terras do pólo sul, o analisador de poeira da Cassini capturou pequenas partículas, aparentemente vindas da região das listas de tigre. Dois outros instrumentos detectaram vapor de água e um deles mostrou sinais de dióxido de carbono, nitrogênio e metano. A Cassini atravessou uma nuvem tênue.

Além disso, o imageador térmico no infravermelho mediu temperaturas elevadas ao longo das fraturas – provavelmente por volta de -93°C, bem acima dos -203°C que seriam esperados por aquecimento pela radiação solar. Essas regiões emitem uma potência extraordinária de 60 watts por metro quadrado, muitas vezes mais que os 2,5 watts por metro quadrado da emissão geotérmica de Yellowstone. Regiões menores da superfície, que estão além do poder de resolução do instrumento no infravermelho, podem ser ainda mais quentes.

Por enquanto acreditamos que um golpe de sorte nos levou a um lugar tão fascinante. Para ter um retorno rápido, o grupo de imageamento planejou uma série especial de imagens obtidas no fim de novembro de 2005, quando o pólo sul foi observado com alta resolução e em alta fase solar. Enquanto isso, um número suficiente de imagens de outras luas, observadas também em alta fase solar, tinham se acumulado e com a ajuda de analistas de imagens, provei para os céticos do nosso grupo que elas não apresentavam erupções, ou fosse lá o que fosse, e o que tínhamos visto em Encélado não era definitivamente nenhum mecanismo disparado inadvertidamente. Nossas dúvidas se dissiparam quando percebemos que tínhamos observado uma pluma absolutamente gigantesca, de minúsculas partículas que se estendiam centenas de quilômetros acima do pólo sul da lua.

Em 27 de novembro, uma série de imagens surpreendentes, em preto e branco, de Encélado em fase crescente finalmente mostrou, claro como o dia, mais de uma dúzia de chafarizes estreitos e distintos de partículas finas e



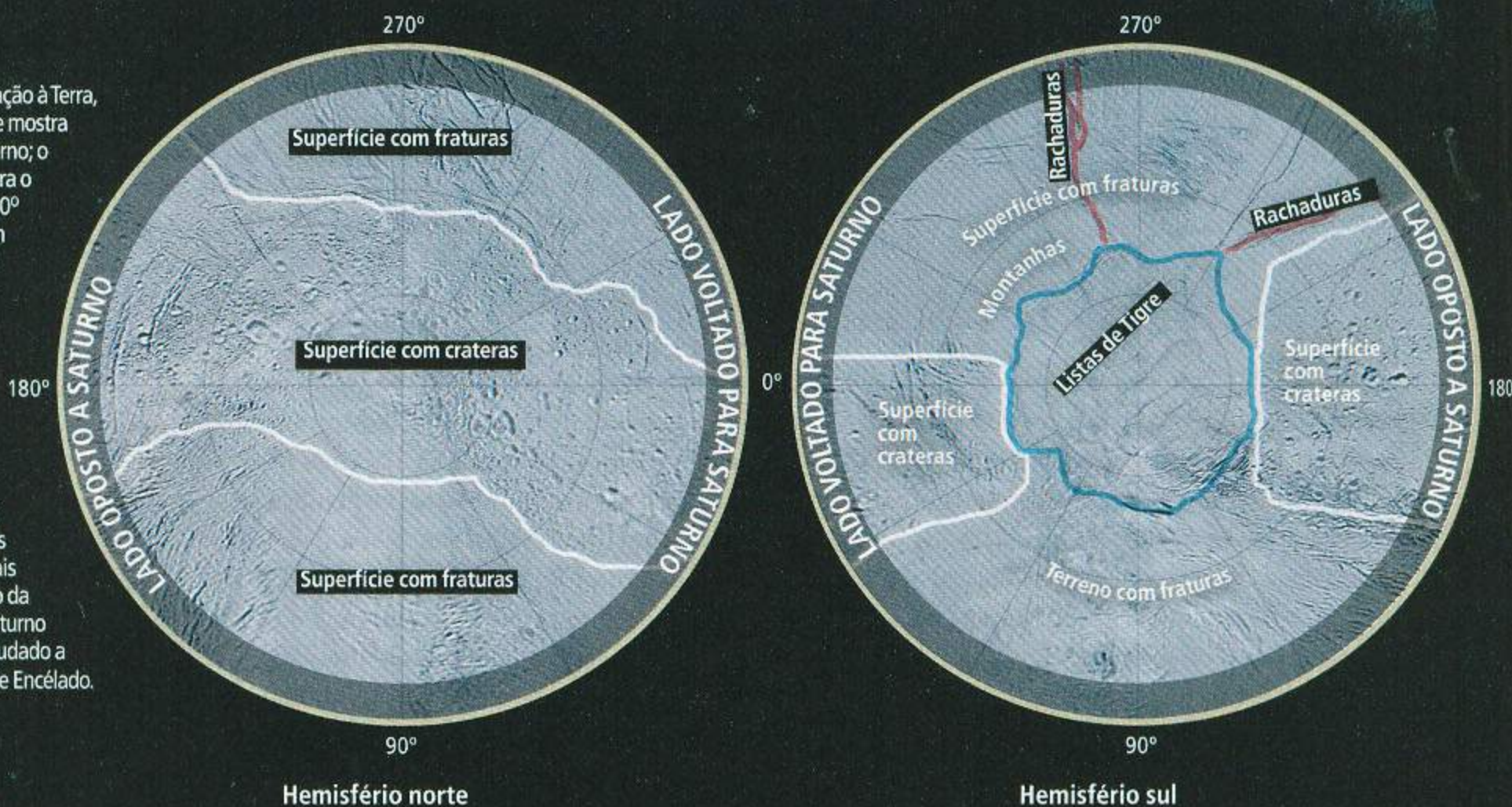
O HEMISFÉRIO SUL DE ENCÉLADO foi revelado pela primeira vez pela Cassini em 2005. Esse mosaico de imagens mostra como a superfície apareceria se nossa visão se estendesse até os extremos do infravermelho e ultravioleta. (A olho nu, a superfície parece uniformemente branca.) As listas de tigre (na parte de baixo) são fendas profundas, mais quentes, geologicamente ativas que cruzam a superfície do pólo sul. A cor azulada deve-se ao fato de serem revestidas por grãos de gelo maiores que a média e que absorvem luz infravermelha.

[CASSINI OBSERVA A SUPERFÍCIE]

As Muitas Faces de Encélado

Poucos cientistas planetários esperavam que Encélado tivesse a diversidade que encontramos. Vastas áreas do hemisfério norte, fotografadas pela Cassini (acima) com seis vezes a resolução da Voyager 2, estão cobertas de crateras e, portanto, devem ser mais antigas que as terras polares do sul, sem crateras. Mas fraturas, dobras, cadeias de montanhas e vales indicam que os dois hemisférios foram intensamente trabalhados.

Como a Lua em relação à Terra, Encélado também sempre mostra a mesma face para Saturno; o centro da face voltada para o planeta é definido como 0° de longitude. Regiões com crateras se estendem ao longo do eixo Saturno-Encélado (em 0° e 180°); regiões com fraturas são perpendiculares a ela (90° e 270°). As listas de tigre estendem-se sobre o pólo sul e estão rodeadas por cadeias de montanhas. Essas orientações especiais sugerem que o efeito da ação gravitacional de Saturno tenha indiretamente ajudado a moldar a superfície de Encélado.



geladas lançadas ao espaço e alimentando uma fração, mas gigantesca pluma em forma de jato, que se elevava acima da região polar sul. Análise posterior feita por mim e Joseph Spitale, do Space Science Institute, que integrava o grupo, mostrou que as fontes do jato coincidiam com os locais mais quentes das listas de tigre – a primeira evidência definitiva de uma conexão ativa entre aquecimento e dissipação de calor. A maior parte das partículas retornava à superfície, mas algumas tinham velocidade suficiente para entrar em órbita em torno de Saturno e são, na verdade, responsáveis pela criação de anel mais externo do planeta, conhecido como anel E.

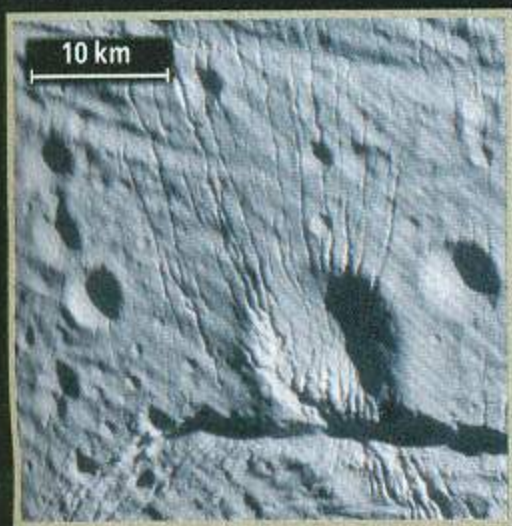
Todos foram unânimes em afirmar que essas imagens revelaram uma descoberta espetacular: um indício incontestável de intensa atividade interna em uma pequena lua supostamente fria. Não pude deixar de sentir uma imediata afinidade com aqueles, que há muitos anos, observaram pela primeira vez a atividade violenta dos gêiseres de Yellowstone.

Reativando o Calor

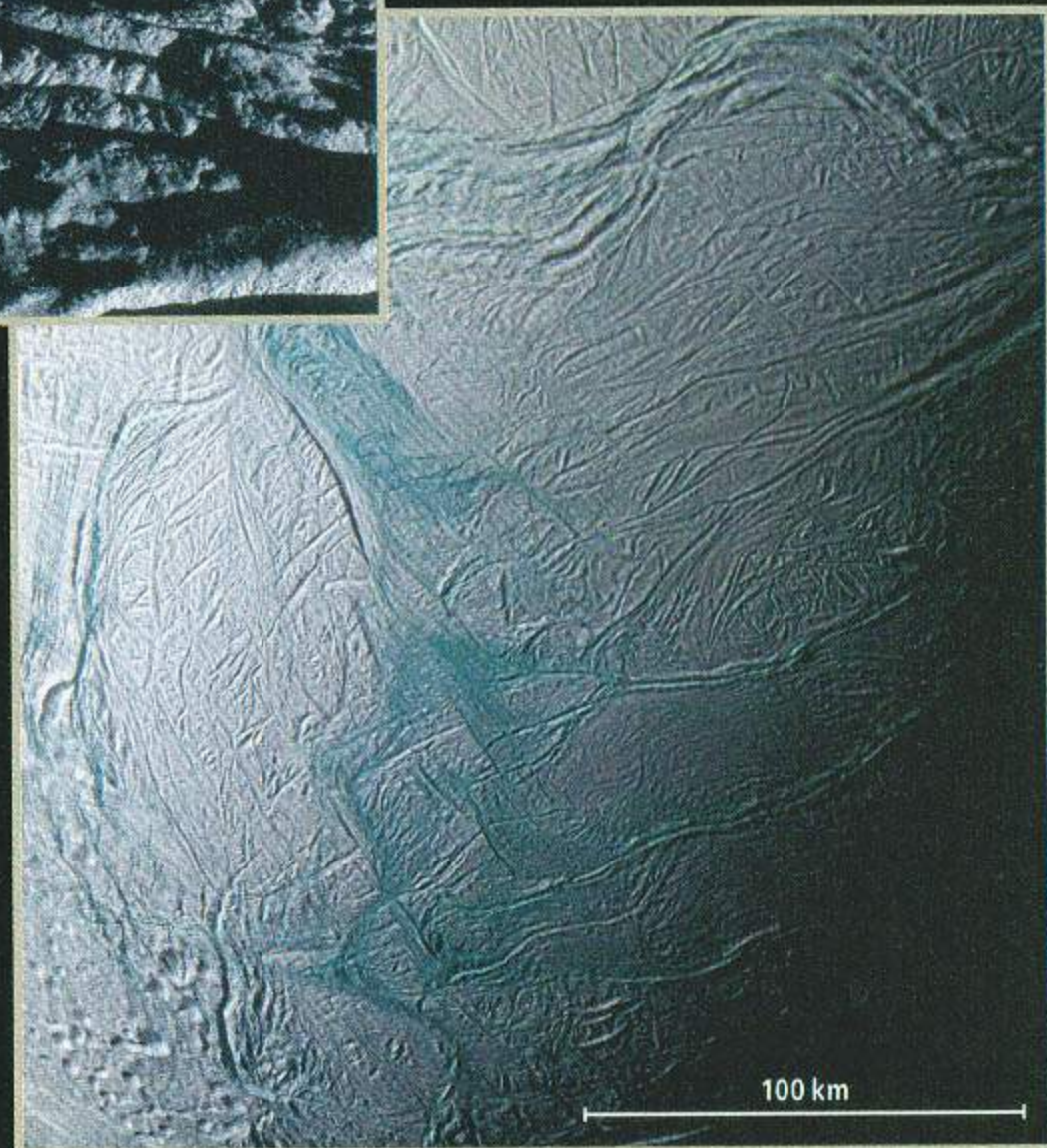
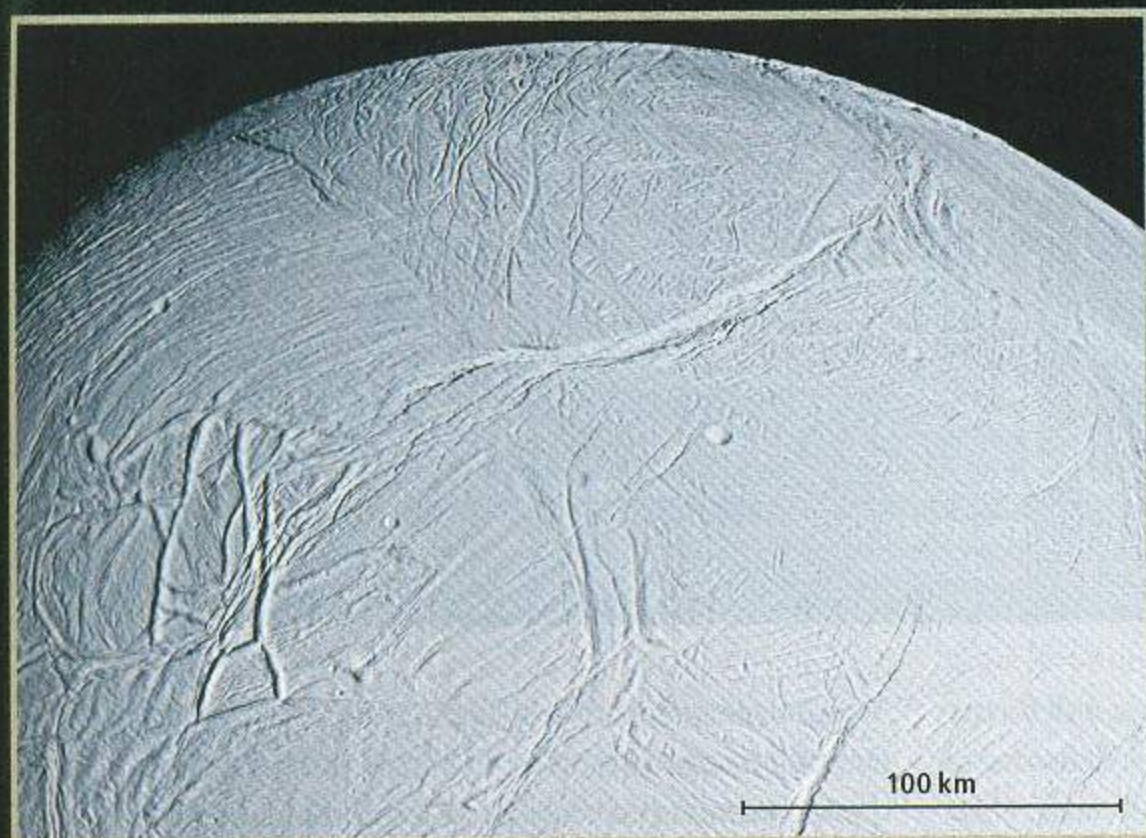
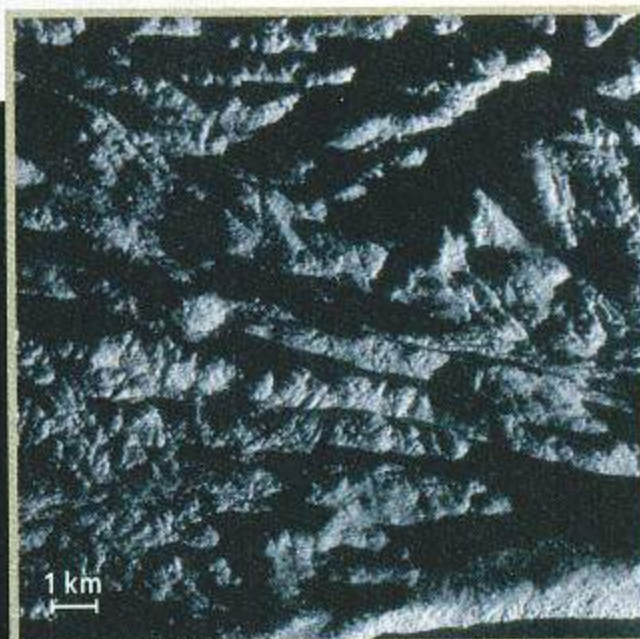
Os primeiros artigos científicos sobre Encélado foram publicados no começo de maio de 2006, quan-

do a loucura começou. O mundo todo começou a falar de Encélado. Desde então a Cassini vem fazendo outros sobrevôos por Encélado, penetrando mais fundo em regiões mais densas da pluma, até 25 km de altitude. A cada sobrevôo, a nave refina suas medidas de vapor de água, nitrogênio, dióxido de carbono e metano e, além disso, já descobriu vestígios de outros compostos com cadeias carbônicas, como acetileno e cianeto de hidrogênio, e traços de etano, propano, benzeno, formaldeído e outros compostos orgânicos.

Em um outro sobrevôo mais recente nossas câmaras focalizaram as fontes dos jatos na superfície. O vôo da nave foi tão rápido que uma técnica especial de tomadas panorâmicas da câmara, semelhante à prática de tiro ao pombo, teve de ser programada para evitar a perda de foco pelo movimento. Perfeitamente executada, a seqüência revelou que as listas de tigre devem ter uma profundidade de cerca de 300 metros, com paredes em forma de V e blocos de gelo do tamanho de casas espalhados pelas encostas e além delas. Áreas ao longo das encostas pareciam mais lisas que a média – provavelmente depósitos de neve fresca recém-depositada.



Numa análise mais detalhada, Cassini revelou que grandes extensões aparentemente lisas para a Voyager, na verdade, são extremamente texturizadas (abaixo). Abismos profundos se estendem ao norte para dentro de áreas com fraturas. Até as crateras são fraturadas, talhadas e intensamente degradadas (esquerda).



Um zoom das listas de tigre permite observar blocos de gelo do tamanho de casas (topo). Em volta das listas há uma cadeia circumpolar e sinuosa de montanhas que pode ser o equivalente tectônico do Himalaia em Encélado (acima).

Uma observação que não era esperada: não se distinguem com clareza as vizinhanças imediatas de cada ponto de escape dos jatos de outros locais ao longo das fraturas. Concluimos basicamente que nenhum escape permanece ativo por muito tempo. Tampões de gelo crescem da condensação e obstruem o escape antes que possa alterar significativamente a superfície ao redor. Nesse ponto, forças de pressão abrem um novo escape em algum outro ponto ao longo da fratura. Esse também é obstruído e assim o processo continua. A gravação acelerada das cenas mostra a mudança de jatos para cima e para baixo ao longo de extensões lineares de uma fratura.

Além de fornecerem uma visão de um fenômeno geológico excepcional, as imagens também permitiram obter medidas precisas da forma e dimensões de Encélado. Juntamente com a massa da lua, deduzida a partir de perturbações gravitacionais na trajetória de Cassini durante os sobrevôos, essa informação revelou que Encélado é a mais rochosa das grandes luas de Saturno. Sua densidade média é de $1,6 \text{ g/cm}^3$, o que significa que 60% da massa de Encélado são formados por rochas e há boas chances de que a rocha esteja concentrada em um núcleo en-

volvido por um manto de gelo de água com dezenas de quilômetros de espessura.

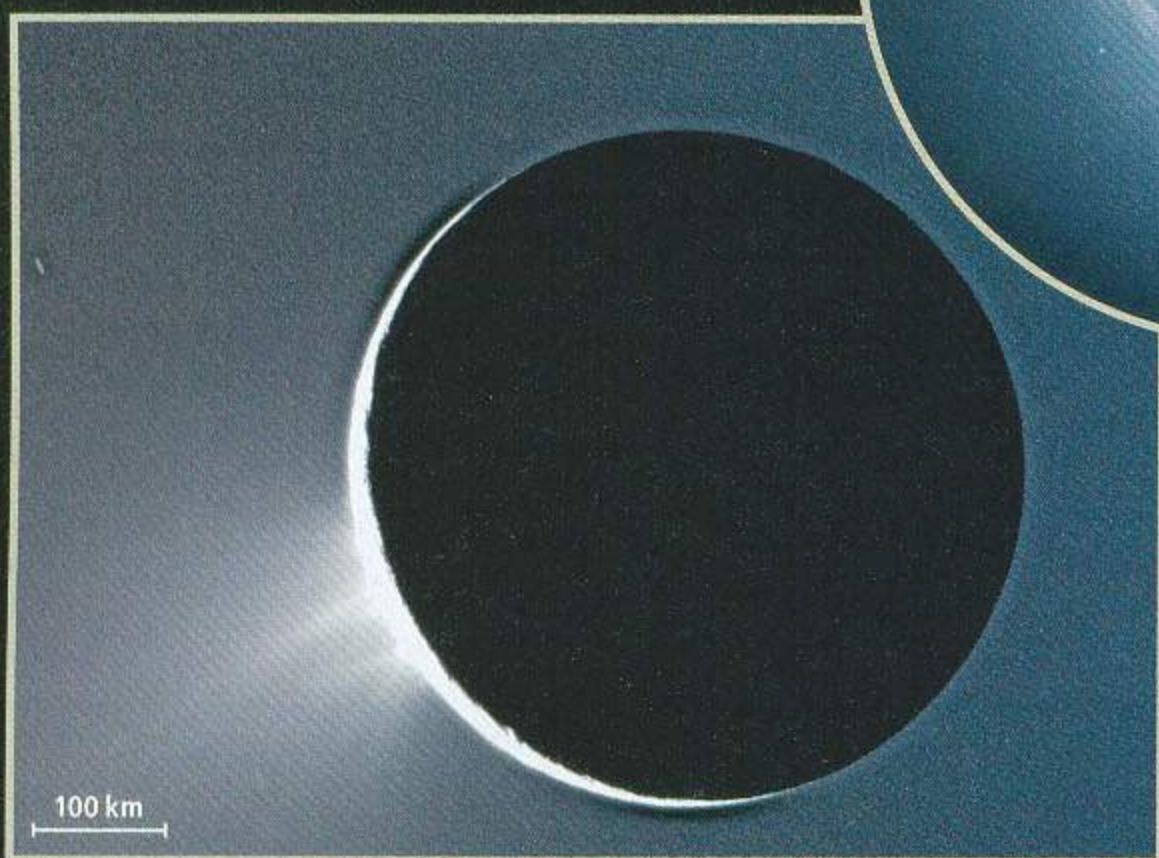
Na Terra, a rocha contém substâncias radioativas que produzem calor. Certamente ocorre o mesmo em Encélado, mas mesmo toda essa rocha é insuficiente para produzir o calor observado em Encélado. A única outra fonte de calor plausível nessa lua é o aquecimento por tensões provocadas por maré. Exatamente como a gravidade exercida pelo Sol e pela Lua sobre a Terra deforma ligeiramente o planeta, criando marés oceânicas, a gravidade de Saturno deforma sua lua. Encélado descreve uma órbita não circular, pois sua distância até Saturno é variável. Quanto mais próxima, mais se deforma. Essa variação diária dá lugar à flexão e aquecimento interno. A gravidade também pode desempenhar um papel na formação do relevo da superfície. As listas de tigre formam ângulos de 45° em relação à direção de Saturno – uma direção que forças de maré explicariam naturalmente.

A intensidade do aquecimento depende não só da excentricidade da órbita – o grau com que a órbita se afasta de um círculo perfeito, formando um anel achatado – mas também da consistência do núcleo

[CASSINI OBSERVA GÊISERES]

Jatos Quentes em Lua Fria

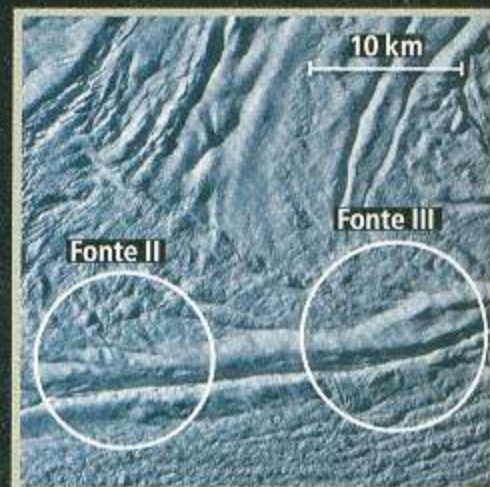
Do pólo sul são lançados jatos de matéria, que alimentam uma larga coluna em forma de pluma.



Minúsculos grãos de gelo ejetados no espaço são mais visíveis quando iluminados por trás pelo Sol. Montanhas e vales são visíveis ao longo das bordas dessa silhueta.



A uma distância de cerca de 2 milhões de quilômetros, a Cassini observou jatos que alimentam o anel E de Saturno. Algumas estruturas longas, como cachos, vistas nas vizinhanças de Encélado são extensões de jatos. Outras são criadas por perturbações gravitacionais de Encélado em partículas que passam no anel E.



Jatos podem ser observados em locais específicos das listas de tigre. Curiosamente, esses locais não diferem muito de outras partes das listas.

VIDA EM ENCÉLADO?

Encélado contém os três pré-requisitos fundamentais para abrigar vida: água líquida, compostos orgânicos e energia. Será que essas condições de suposta habitabilidade persistiram por tempo suficiente para que a vida se desenvolvesse lá? Ninguém sabe quanto tempo isso pode demorar. A julgar pelos registros geológicos da Terra, microrganismos surgiram muito rapidamente em termos geológicos: poucas centenas de milhões de anos (ou até menos) depois dos espasmos finais da formação do planeta.

da lua. Um corpo muito rígido resistiria à deformação. Um corpo perfeitamente elástico se deformaria, mas não dissiparia energia na forma de calor. Uma lua flexível formada por material viscoso se aqueceria como acontece com uma lua parcialmente rígida, mas marcada por rachaduras, de modo que camadas de gelo, roçando umas nas outras, possam gerar calor por atrito. O aquecimento não precisa ocorrer uniformemente em toda a lua. Ele pode concentrar-se na camada mais externa de gelo ou em regiões limitadas dessa camada na forma de rachaduras.

Normalmente o aquecimento por maré tende a desaparecer. O material de uma lua leva tempo para se deformar, assim, a distorção sempre está desalinhada em relação às forças que a produziram. O resultado é um torque gravitacional que altera o movimento orbital da lua e gradualmente vai tornando a órbita cada vez mais circular. A tensão de maré pára de variar, a lua assume uma forma fixa e o aquecimento se extingue. Encélado, no entanto, permanece com órbita elíptica por causa da ressonância orbital com sua irmã maior, Dione. Enquanto Encélado completa duas órbitas, Dione percorre uma única. Esse sincronismo permite que Dione produza puxões gravitacionais periódicos que atuam coerentemente ao longo do tempo e fazem a órbita de Encélado permanecer não-circular.

No entanto, mesmo essas condições especiais não são suficientes. Jennifer Meyer e Jack Wisdom, do

Massachusetts Institute of Technology, examinaram a configuração orbital de Encélado e descobriram que a quantidade de energia de maré injetada no corpo é cinco vezes menor que a energia liberada pelo pólo sul de Encélado. Esse resultado independe de como a energia de maré é dissipada internamente. No caso de Encélado, com sua órbita atual, não há energia suficiente para explicar o calor irradiado.

Uma Lua Maleável

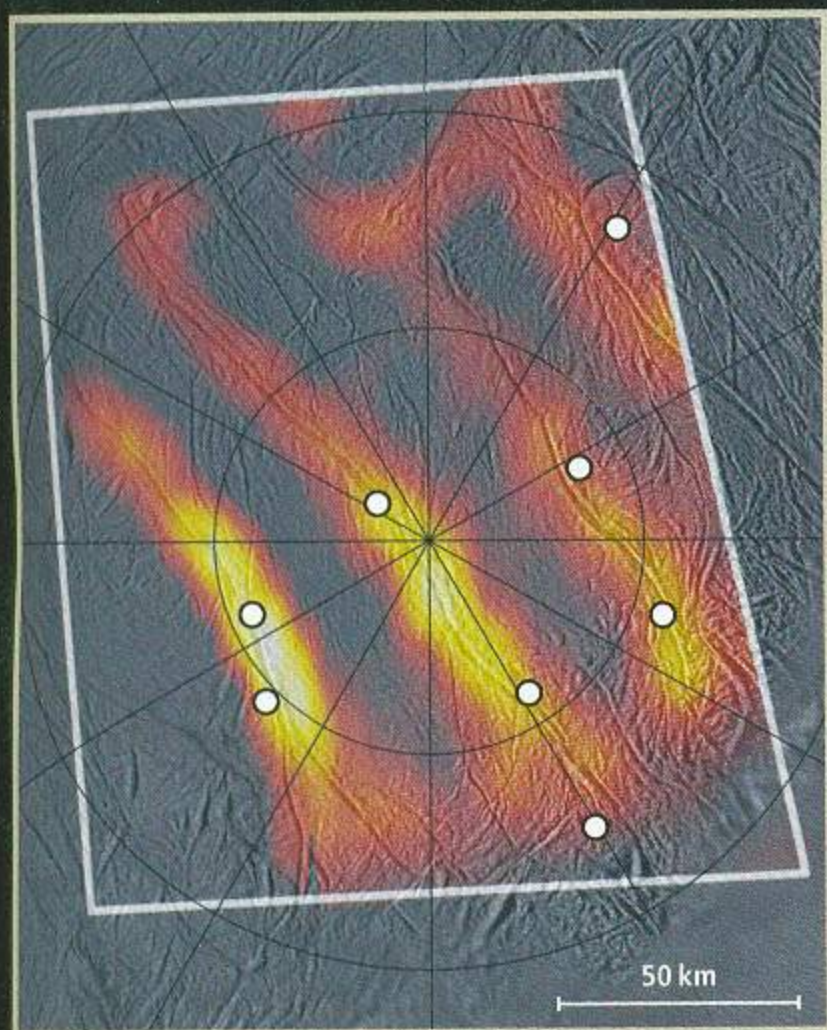
O paradoxo surge somente se for considerado que o atual aquecimento por maré de Encélado coincide exatamente com a quantidade de calor irradiada atualmente. E se Encélado ainda estiver irradiando calor de um episódio de aquecimento anterior? A órbita de um satélite natural, e a consistência de seu núcleo, podem interferir mutuamente levando a uma variação cíclica de excentricidade orbital e à produção de calor. Essa hipótese também plausível foi examinada pela primeira vez em 1986, no caso de Io, por Greg Ojakangas e David Stevenson, à época, ambos no California Institute of Technology.

Imaginemos um cenário em que começamos com um Encélado frio, bastante rígido e em uma órbita praticamente circular. A taxa de aquecimento por maré é relativamente baixa. Dione induz um aumento da excentricidade orbital, o que leva a maior flexão e aquecimento viscoso do manto de gelo. A excentricidade e aquecimento



POR QUE NO PÓLO SUL?

Como a atividade geológica de Encélado se concentrou no pólo sul? A resposta pode ser o acaso. Talvez um evento do passado da lua – um impacto de meteoro na região polar sul, como aqueles que criaram as enormes depressões em outras luas de Saturno, como em Iapeto e Tétis – que inicialmente rachou ou enfraqueceu a camada externa de gelo, concentrando ali energia de maré. O manto de gelo posteriormente pode ter se deslocado ao longo do tempo em um processo conhecido como deriva verdadeira dos pólos, quando forças centrífugas teriam desviado regiões de baixa densidade para os pólos. Paul Helfenstein da Cornell University encontrou evidências para esse movimento: uma região chamada Sarandib Planitia próxima do equador se parece com uma versão erodida das terras da calota polar sul. É provável que em algum momento tenha estado no pólo e de lá se desviou para sua posição atual.



Mapa térmico mostra temperaturas de até 180 kelvins nas listas de tigre, quentes demais para serem explicadas pelo aquecimento solar. Os jatos se originam em regiões muito quentes (círculos brancos).

continuam a aumentar até que, em algum momento, a taxa de aquecimento ultrapassa a capacidade da lua de ceder calor. A temperatura interna então começa a aumentar e o material do núcleo se torna mais mole e menos rígido, o que induz maior aquecimento por maré. Em um outro cenário cíclico possível, a lua se torna menos rígida, não porque ela fique mais maleável, mas porque as rachaduras se formam. A tensão provocada pela maré fratura o gelo e produz seu movimento de cisalhamento. O atrito entre as superfícies rachadas leva à dissipação da energia de maré e ao aquecimento ao longo das rachaduras.

Em qualquer um dos casos a dissipação adicional faz a órbita da lua se tornar mais circular e, finalmente, a tendência se inverte; o aquecimento por maré começa a diminuir e, finalmente, cai abaixo da taxa de perda de calor da superfície. A lua começa a esfriar e ou o gelo volta a enrijecer, ou, no segundo cenário, as rachaduras se fecham. O ciclo pode levar milhões de anos, e depois volta a se repetir. A ideia ilustra qual seria o comportamento de uma lua numa situação em que a entrada e saída de calor não estão em estado de equilíbrio. Em uma condição oscilante, como essa, a entrada e saída de energia se equilibram somente num ciclo completo. Em qualquer instante a saída de calor deve estar acima ou abaixo da média – e acima ou abaixo de sua taxa de aquecimento instantânea.

Ojakangas e Stevenson mostraram que um ciclo baseado na dependência de temperatura da viscosidade do gelo pode funcionar no caso de Io, que, como Encélado, apresenta um desequilíbrio entre a entrada e saída de calor. Infelizmente, não funcionaria para Encélado: Meyer e Wisdom concluíram que a lua não tem massa suficiente. É mais plausível um ciclo baseado em rachaduras, mas isso ainda deve ser melhor entendido.

O que há sob o Pólo Sul?

Gabriel Tobie, da Universidade de Nantes, na França, e seus colaboradores examinaram um outro cenário possível: uma zona de rigidez anômala no pólo sul pode concentrar energia de maré e se auto-sustentar ao longo do tempo. Eles simularam a resposta de Encélado à força de maré admitindo que sob o pólo sul existe uma camada de baixa viscosidade, tornando essa parte de Encélado mais maleável que o resto. Esse modelo consegue reproduzir a entrada de calor observada, mas somente sob duas condições que revolucionaram nossas ideias sobre Encélado.

A primeira condição é que o gelo dessa camada deve estar a uma temperatura mais amena – próxima a seu ponto de fusão – e a segunda, é que deve haver uma camada líquida comprimida entre o manto de gelo superior e o núcleo rochoso. Essa camada deve estar sob praticamente todo o hemisfério sul. Se ela não existisse, não somente a flexão, e conseqüentemente o aquecimento viscoso, seriam insuficientes, mas haveria uma tendência de ela ocorrer no equador e não no pólo.

A ideia de haver um mar subterrâneo torna-se ainda mais atraente quando se considera que a calota polar sul de Encélado é, na verdade, uma bacia de meio quilômetro de profundidade escavada na superfície da lua. De acordo com um trabalho de Geoffrey Collins, do Wheaton College, e Jason Goodman, do Woods Hole Oceanographic Institution, essa bacia poderia ser a projeção superficial de um mar subterrâneo. Água líquida é mais densa que o gelo, portanto o volume total de água nessa região é menor. Em resumo, toda a região polar sul funciona como um funil gigante que conduz água da superfície para o subsolo.

De fato, um mar poderia explicar indiretamente boa parte da diversidade geológica de Encélado. Isamu Matsuyama da Carnegie Institution of Washington e Francis Nimmo, da University of California, mostraram que a posição e a orientação dos aspectos geológicos mais destacados de Encélado – em particular, a tendência de rachaduras na direção norte-sul e as montanhas circumpolares – sinalizam que a camada de gelo da lua deslocou-se em

relação ao seu eixo de rotação. A lua funciona como um giroscópio gigante cuja camada externa tem liberdade de girar em torno do eixo.

Essa idéia explicaria por que a região geologicamente ativa está exatamente no pólo sul: uma região mais aquecida, com densidade mais baixa que a média, naturalmente se desviaria na direção do eixo de rotação. Além disso, uma camada mais quente sob o pólo sul se elevaria por movimento convectivo sob a camada quebradiça superior do manto de gelo, explicando as características do centro de espalhamento das áreas polares sul. Para o manto de gelo se mover dessa forma é preciso que exista uma camada líquida para desacoplar o gelo da superfície das profundezas do núcleo.

O cenário completo da atividade de Encélado pode ser uma combinação de todos esses efeitos. Se Encélado for submetido a um ciclo de aquecimento

baseado em rachaduras e se a taxa de deformação do manto de gelo externo da lua devida à maré for suficientemente rápida, rachaduras podem se propagar pela camada dúctil subterrânea mais aquecida e talvez chegar até a região líquida. Aquecimento por atrito dentro dessas fraturas contribuiria para um aquecimento viscoso total sob o pólo sul. O gelo pode derreter ao longo das rachaduras profundas e a água produzida pode aumentar substancialmente a taxa de aquecimento. Dessa forma, um mar subterrâneo poderia se auto-sustentar, com água líquida da camada superior alimentando o mar abaixo. Como o mar nunca congela completamente durante a fase de resfriamento do ciclo, o processo todo poderia persistir enquanto Encélado permanecesse em sincronia orbital com Dione.

Para terminar, água líquida poderia explicar naturalmente as erupções observadas. Michael Manga, da University of California, em Berkeley, mostrou que o congelamento parcial de um mar subterrâneo aumentaria sua pressão e forçaria o líquido para cima. À medida que a pressão é relaxada, devido à ascensão da água, gases nela dissolvidos como dióxido de carbono, seriam expelidos da mistura na forma de bolhas, que – como ao agitar uma garrafa de champanhe – podem facilitar a subida da água. Se o líquido estiver realmente subindo para a superfície, ele fornece uma resposta imediata para explicar como o calor é conduzido de onde ele é produzido, nas profundezas do interior da lua, até a superfície: um fluxo de água é muito eficiente na dissipação de calor. Isso também implica que os jatos são gêiseres e se originam nos reservatórios de líquido subterrâneo.

Encélado Pode Abrigar Vida

Ainda estamos testando e aprimorando nossas idéias sobre como Encélado se tornou a lua que é. Mas é praticamente inevitável haver água líquida subterrânea. Se houver, temos a possibilidade extraordinária de que, no interior dessa pequena lua, haja um ambiente em que a vida, ou pelo menos seus estágios precursores possa estar se desenvolvendo. Tudo de que a vida precisa parece estar disponível: água líquida, elementos químicos necessários e energia em abundância. Bons análogos terrestres para um ecossistema em Encélado são os estratos vulcânicos do subsolo, onde água líquida circula no meio de rochas quentes, na completa ausência de luz solar e todo o calor produzido não depende dela. Aqui são encontrados organismos que consomem hidrogênio ou dióxido de carbono, criando metano, ou hidrogênio e sulfatos – todos alimentados não pelo Sol, mas pelo calor interno da própria Terra.

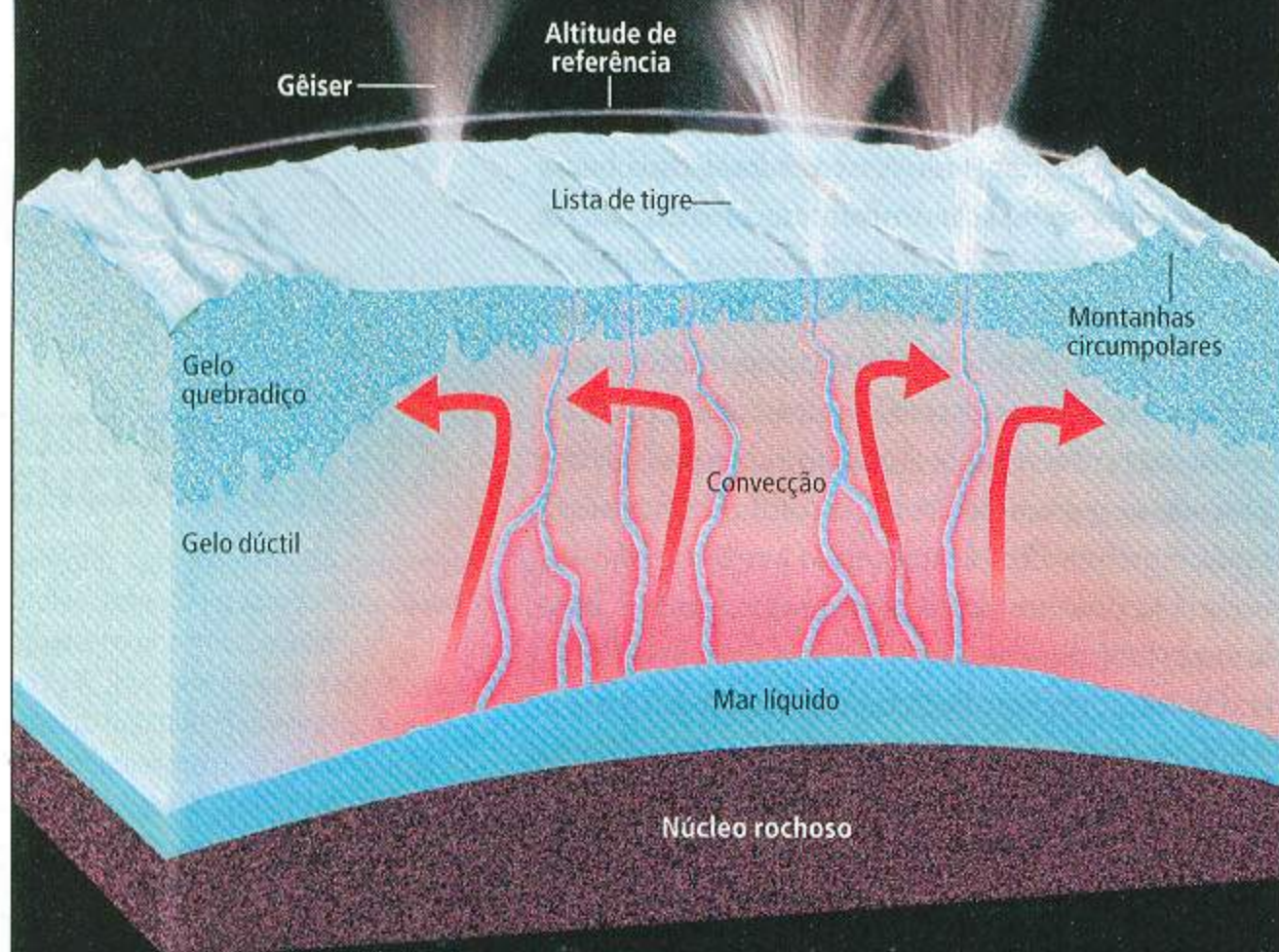
Núcleo rochoso
Manto de gelo

[INTERIOR DE ENCÉLADO]

Um Mundo de Águas

Jatos e temperaturas amenas sugerem fortemente que Encélado oculta água líquida em seu subsolo. Não só os jatos lançam partículas de gelo e vapor, mas o intenso aquecimento que os produz parece exigir água líquida para facilitar a deposição de energia de maré por Saturno. Encélado pode ser formado por um núcleo rochoso envolvido por uma espessa camada de gelo de água. Toda a área do pólo se resume numa depressão com meio quilômetro de profundidade na superfície da lua, talvez resultado de um mar subterrâneo. Montanhas circumpolares se estendem por um quilômetro acima da superfície da depressão.

Mar subterrâneo



Emergindo de um mar líquido sob a camada de gelo, água sob pressão – contendo gases dissolvidos – pode ser ejetada através de rachaduras profundas e pontos de escape da superfície. O atrito dentro das rachaduras geraria calor suficiente para derreter o gelo. Correntes convectivas abaixo das terras do pólo sul fariam a superfície se estender para fora e criar as montanhas circumpolares.

[FONTE DE ENERGIA]

Mudança de maré

Pelo mesmo processo que marés oceânicas se produzem na Terra, a gravidade de Saturno deforma Encélado dando-lhe uma forma alongada. A quantidade de deformação varia à medida que Encélado gira em torno de Saturno porque sua órbita não é perfeitamente circular. A tensão resultante aquece seu interior. Esse processo também tende a tornar sua órbita circular, mas a gravidade de outra lua de Saturno, Dione, impede que isso aconteça.

ENERGIA DE MARÉ ►



SATÉLITE FRIO

- Órbita praticamente circular
- Interior rígido
- Aquecimento e tensão mínimos devido à maré

ELONGAÇÃO ORBITAL

- Elongação da órbita por interação com Dione
- Aumento de tensão por maré
- Formação de rachaduras

DISSIPAÇÃO DE ENERGIA

- Aquecimento dissipa a energia orbital
- Órbita começa a se tornar circular
- Tensão diminui e as rachaduras se soldam

SATÉLITE QUENTE

- Ao longo das rachaduras ocorre aquecimento por atrito
- O calor produzido excede o calor dissipado
- Possibilidade de derretimento de gelo ao longo de rachaduras

◀ CICLO DE AQUECIMENTO

O atual aquecimento por maré é muito pequeno para alimentar a atividade geológica observada. Uma solução para essa discrepância é que Encélado está vivendo às custas de uma injeção de calor que ocorreu há milhares ou milhões de anos. O aquecimento pode ter sido mais intenso no passado se a órbita fosse ainda menos circular. Isso poderia acontecer porque o grau de elongação, a quantidade de fraturamento interno e a intensidade de calor são interdependentes – criando um ciclo em que os três parâmetros podem variar.

Encélado hoje se parece muito com o que foi ontem e estamos apenas começando a montar as peças de seu passado a partir de preciosas pistas deixadas na superfície. Muitas questões que até a Cassini, tão promissora, não consegue responder, ainda persistem – questões que permanecem e permanecerão incompreendidas até que uma nave especialmente equipada possa ser posta em órbita em torno de Encélado ou um veículo de pouso desça até sua superfície.

Um orbitador poderia mapear completamente o campo gravitacional dessa lua e a topografia de sua superfície, revelando sua distribuição interna de massa, incluindo qualquer camada líquida subterrânea. Um pequeno módulo de pouso, equipado com sismógrafos, poderia detectar os estrondosos movimentos do líquido subterrâneo.

O custo do investimento e o longo período de desenvolvimento de missões complexas significam que devemos ser muito seletivos em nossos destinos. Muitos cientistas estão ansiosos para voltar a Europa, porque essa lua de Júpiter, aparentemente dotada de um oceano subterrâneo, também pode abrigar vida extraterrestre. Em minha opinião, no entanto, uma exploração mais ampla de Encélado é mais promissora.

Como os cientistas não têm conhecimento de nenhum gêiser ativo em Europa, amostrar seu interior

para testar a presença de um ecossistema poderia exigir perfurações muito profundas, um empreendimento tão desafiador que provavelmente não ocorrerá nos próximos anos. Como forma de comparação, para sondar o interior de Encélado, basta cruzar a pluma pelo alto ou pelo solo, olhar para cima e pôr a língua para fora.

Além disso, como a magnetosfera de Saturno é muito mais fraca que a de Júpiter, uma nave em torno de Encélado não precisa lutar contra um campo de radiação intenso que limite a missão, como seria o caso de um orbitador em torno de Europa. Finalmente, uma viagem a Encélado permitiria a exploração atrelada de Titã, outro destino saturniano em que há chances de presença de primórdios químicos da vida (ver "Os mistérios sobre o metano em Marte e Titã," por Sushil K. Atreya; SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, junho de 2007).

Por enquanto, já estamos satisfeitos em saber que a primeiro levantamento em profundidade que a humanidade realizou em Saturno e seu séqüito revelou fatos e cenas maravilhosos do extremo sul dessa pequena lua enigmática: um lugar fantástico e dinâmico com profundos abismos gelados e altas fontes diáfanas, um reino raro, cujas descobertas premiaram a mente e a alma. Como exploradores planetários não poderíamos sonhar mais.

► PARA CONHECER MAIS

Cassini observes the active south pole of Enceladus. Carolyn C. Porco et al., em *Science*, vol. 311, págs. 1393-1401; 10 de março de 2006.

Life on a tiny moon: nova voyage to the mystery moon. Entrevista com Carolyn Porco, março de 2006. www.pbs.org/wgbh/nova/titan/porco.html

Cassini: the first one thousand days. Carolyn C. Porco, em *American Scientist*, vol. 95, nº 4, págs. 334-341; julho/agosto de 2007.

Solid tidal friction above a liquid water reservoir as the origin of the South Pole hotspot on Enceladus. G. Tobie, O. Cadek e C. Sotin, em *Icarus*, vol. 196, nº 2, págs. 642-652; agosto de 2008.

The possible origin and persistence of life on Enceladus and detection of biomarkers in the plume. C. P. McKay et al., em *Astrobiology*, vol. 8, nº 5, págs. 909-922; outubro de 2008.

UMA MOLÉCULA CAPAZ DE GERAR VIDA ARTIFICIAL

Ácido peptídeo nucléico, um híbrido sintético de proteína e DNA, pode servir de base para uma nova classe de drogas e, surpreendentemente, talvez, para formas de vida artificial

Por Peter E. Nielsen

CONCEITOS-CHAVE

- Uma molécula sintética chamada ácido peptídeo nucléico (PNA) combina a capacidade de armazenar informações do DNA com a estabilidade química de uma estrutura de proteína.
- A ação terapêutica das drogas a partir do PNA resulta da ligação a seqüências de base de DNA ou RNA específicas, suprimindo ou estimulando o gene correspondente.
- Pesquisadores empenhados em criar formas de vida artificiais a partir de misturas de substâncias químicas vêem o PNA como um ingrediente potencial para suas criações.
- Moléculas semelhantes ao PNA podem ter servido como material genético base para a origem da vida.

— Os editores

A pesar da diversidade incrível de vida neste planeta, de uma minúscula bactéria às majestosas baleias azuis, de plantas que se alimentam do Sol a espécies que digerem minerais a quilômetros no subsolo, só existe uma forma de vida como a conhecemos. Todos esses organismos têm como base os ácidos nucléicos – DNA e RNA – e as proteínas, que trabalham em conjunto, como descreve o chamado dogma da biologia molecular: o DNA armazena informações que são transcritas no RNA, que então serve de modelo para a produção de proteína. As proteínas atuam como importante elemento estrutural dos tecidos, e as enzimas são os burros de carga das células.

Mas os cientistas sonham em sintetizar uma forma de vida completamente diferente – para melhor compreender os componentes indispensáveis à vida e a origem do processo vital, além de confirmar se realmente são capazes disso. Eles esperam reunir uma nova combinação de moléculas capazes de se auto-organizar, metabolizar-se (fazer uso de uma fonte de energia), crescer, se reproduzir e evoluir.

Uma molécula que alguns pesquisadores estudam com esse propósito é o ácido peptídeo nucléico (PNA), que mimetiza as ferramentas de armazenamento de informação do DNA e do RNA, mas se encontra numa estrutura similar a uma proteína mais simples e mais robusta que as estruturas de fosfato e açúcar. Meu grupo desenvolveu o PNA há

mais de 15 anos, durante um projeto com um objetivo útil bem mais imediato que a criação de formas de vida incomuns. Buscávamos desenvolver drogas que agissem sobre determinados genes componentes do DNA, bloqueando ou estimulando a expressão genética (a produção da proteína que o gene codifica). Essas drogas seriam conceitualmente similares aos compostos anti-senso, como fitas curtas de DNA ou RNA que se ligam a seqüências específicas de RNA, para interferir na produção de proteínas relacionadas a doenças.

As propriedades incomuns do PNA dão a essa molécula diversas vantagens em potencial, incluindo maior versatilidade ao se ligar tanto ao DNA quanto ao RNA, ligações mais fortes com seu alvo e maior estabilidade química no meio celular carregado de enzimas. Diversos estudos comprovaram a habilidade do PNA para alterar a expressão gênica, principalmente em experimentos em tubos de ensaio e em culturas celulares. Pesquisas com animais estão em andamento, assim como investigações para transformar o PNA em medicamentos capazes de rapidamente penetrar nas células da corrente sanguínea.

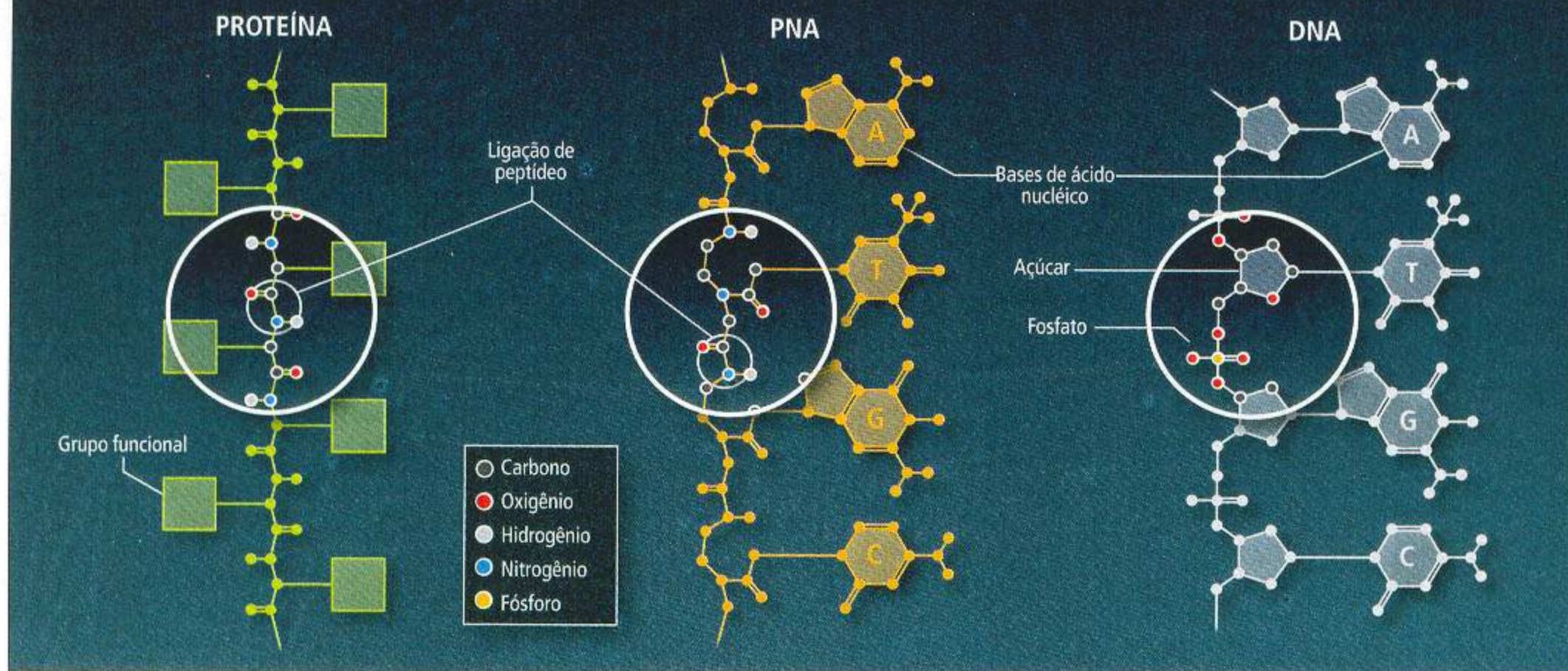
Além de incentivar pesquisas médicas interessantes, essas moléculas incríveis alimentaram especulações sobre a origem da vida na Terra. Segundo alguns cientistas, o PNA ou uma molécula bastante parecida pode ter sido a base para um tipo primitivo de vida numa época anterior ao desenvolvimento



O ÁCIDO PEPTÍDEO NUCLÉICO (*dourado*) entra rapidamente na fenda maior do DNA para formar uma fita tripla e outras estruturas com o DNA, permitindo-lhe novas maneiras de alterar a atividade dos genes.

PNA, UM HÍBRIDO PROTEÍNA-DNA

O ácido peptídico nucléico (PNA) soma características de proteína e DNA. O esqueleto do PNA consiste em unidades relativamente simples unidas por ligações de peptídeo (*detalhe*) de forte intensidade, mais parecidas com uma proteína, e diferentes da estrutura de DNA de fosfato-açúcar, mais instável e com carga negativa. Cada unidade de PNA carrega uma base de ácido nucléico, como numa fita de DNA.



das proteínas DNA e RNA. É possível que, em lugar de criar uma vida nova, as pesquisas sobre a vida artificial recriem nossos primeiros ancestrais.

Conquistas Recentes

A história da descoberta do PNA teve início no começo da década de 90. Para desenvolver drogas mais amplas que o anti-senso de RNA, eu e meus colegas Michael Egholm, Rolf H. Berg e Ole Buchardt tentamos criar pequenas moléculas aptas a reconhecer um DNA de fita dupla com seqüência de bases específica – uma tarefa árdua. A dificuldade estava na estrutura do DNA de dupla hélice. São as bases – timina (T), adenina (A), citosina (C) e guanina (G) – que armazenam informações no DNA. No RNA, a timina é substituída por uma molécula parecida, a uracila (U).

Pares dessas bases unidas por ligações de hidrogênio formam os “degraus” da chamada “escada” em espiral do DNA. O C se liga ao G, e o A se liga ao T, no que se conhece como pareamento de base Watson-Crick. Assim, um composto que se liga a um fragmento de DNA de dupla hélice com uma seqüência de bases característica poderia atuar em qualquer gene que contivesse a mesma seqüência de bases em uma de suas fitas.

A tarefa de reconhecimento é relativamente fácil quando um composto precisa encontrar uma particular seqüência de bases num DNA ou RNA de fita simples. Se duas fitas de ácido nucléico apresentam

seqüências complementares, o pareamento de bases padrão se encarregará de unir as duas fitas. Portanto, se a seqüência de um gene for conhecida – a partir do Projeto Genoma Humano, por exemplo – será tão fácil produzir uma molécula para se unir a um fragmento do gene numa fita simples, quanto sintetizar a seqüência complementar.

No entanto, no DNA duplo, a tarefa de reconhecimento da seqüência é mais difícil, pois os átomos responsáveis pelo pareamento Watson-Crick já estão envolvidos nas ligações de hidrogênio unindo as duas tiras, logo, estão indisponíveis para se ligar a outra molécula. Ainda assim, as células contêm inúmeras das chamadas proteínas reguladoras de genes que reconhecem as seqüências no DNA de fita dupla, encarregadas do controle da expressão gênica. Assim, a tarefa pode ser cumprida. Se meu grupo pudesse encontrar moléculas aptas a fazer essa função, as moléculas poderiam potencialmente servir como drogas reguladoras de genes.

A expressão gênica se dá em dois estágios. No primeiro, a transcrição, uma enzima constrói o RNA mensageiro (mRNA), que é uma fita de RNA com uma cópia da seqüência de bases de uma fita na hélice de DNA. Uma máquina molecular chamada ribossomo, constituída também de RNA e proteína, é a encarregada do segundo estágio, a tradução do mRNA para a proteína codificada pelo gene. Agentes do anti-senso interferem na tradução ao se ligarem ao mRNA. Esses compostos, em geral, são pe-

[O AUTOR]



Peter E. Nielsen coordena o Centro de Reconhecimento Biomolecular do Departamento de Medicina Celular e Molecular da Universidade de Copenhague, onde recebeu seu Ph.D. em 1980. Desde então, continua ligado à universidade. Além de ser um dos inventores do ácido peptídico nucléico, ele co-fundou duas empresas de biotecnologia na Dinamarca (a Pantheco e a PNA Diagnostics, que agora integram a Santaris e a Applied Biosystems, respectivamente), para desenvolver aplicações da molécula. Nielsen acumula 20 patentes relativas à descoberta e suas aplicações.

RECONHECENDO O DNA

quenos RNA modificados quimicamente, ou moléculas de DNA desenvolvidas com a seqüência adequada para identificar seu mRNA alvo, através do pareamento de bases de Watson-Crick. Ao se ligar ao seu mRNA o agente pode estimular enzimas a deteriorar o RNA, ou pode, simplesmente, interferir fisicamente no funcionamento do mRNA.

As células utilizam proteínas chamadas fatores de transcrição, que reconhecem seqüências específicas no DNA de fita dupla para controlar a expressão gênica na fase da transcrição. Essas proteínas podem suprimir um gene obstruindo a enzima polimerase do RNA, que, de outra maneira, transcreveria a seqüência de DNA em mRNA, ou eles podem ativar um gene facilitando a ligação da polimerase do RNA com o DNA e começar a transcrição.

Embora essas proteínas ofereçam um modelo de moléculas aptas a “ler” a seqüência de DNA do exterior da hélice, na década de 1990 os bioquímicos ainda não podiam começar com uma seqüência e criar uma nova proteína para reconhecê-la. Uma proteína gene-reguladora reconhece sua seqüência de DNA por ter o formato geral correto e a composição química em sua superfície para se ligar à seqüência na chamada fenda maior do DNA, que oferece acesso aos pares de base dispostos ao longo do centro da hélice dupla. Mas a estrutura da superfície ativa da proteína depende da maneira como sua cadeia de aminoácidos se dobra, processo que os pesquisadores não conseguem reproduzir com precisão.

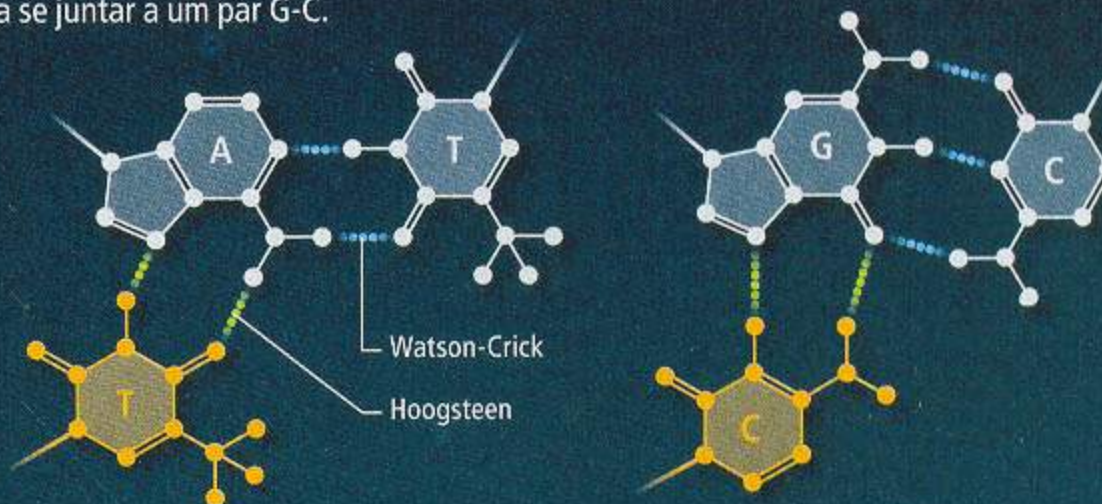
Desde então foi registrado algum progresso tomando-se como exemplo as proteínas gene-reguladoras que incluem os domínios dedo de zinco, fragmentos de cerca de 30 aminoácidos enrolados em um íon de zinco, em formato que lembra a estrutura de um dedo e que se encaixa na fenda maior com uns poucos aminoácidos alinhados com as bases de DNA. Os pesquisadores desenvolveram proteínas artificiais com dedos de zinco, mas em geral ainda é difícil programar uma seqüência de aminoácidos que se ajuste até mesmo a uma seqüência de DNA relativamente curta.

Uma descoberta feita em 1957, quatro anos após a descoberta da hélice dupla do DNA, possibilita uma outra abordagem. Naquele ano, Gary Felsenfeld, Alexander Rich e David Davies, todos no National Institute of Mental Health, criaram estruturas de hélice tripla onde uma fita de ácido nucléico se fixa na fenda maior de uma molécula de ácido nucléico de fita dupla. A fita extra estabelece um tipo de ligação diferente para conectar os pares de base T-A e C-G chamados de pareamento de Hoogsteen, em homenagem a Karst Hoogsteen (ver ilustração ao lado). Cada posição ao longo da

O PNA se liga ao DNA e ao RNA através de pareamento de bases complementares de Watson-Crick (como ocorre com o DNA comum de fita dupla) ou pelo chamado pareamento de Hoogsteen, permitindo a formação de diversas estruturas e oferecendo vários modos para a ação do PNA como droga, numa célula.

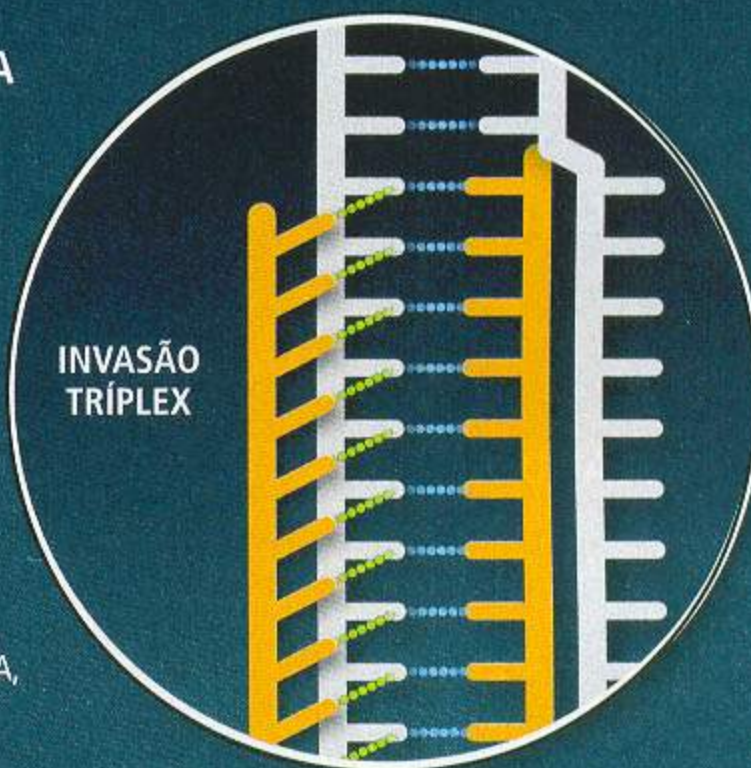
PAREAMENTO DE BASE

O pareamento de Watson-Crick (*ligações em azul*) une as bases complementares A e T (*esquerda*) e G e C (*direita*). O pareamento de Hoogsteen (*ligações em verde*) permite a outro T (*laranja, esquerda*) juntar-se ao par A-T ou a um C (*acrescentando um hidrogênio*) para se juntar a um par G-C.



ESTRUTURAS PNA-DNA

Uma estrutura particularmente interessante que apresenta numerosos efeitos biológicos em potencial úteis nas células é a chamada invasão triplex (*direita*), na qual duas fitas de PNA (*laranja*) deslocam uma fita de uma molécula de DNA dupla e formam uma estrutura com três fitas, ou tripla, com sua parceira. As outras estruturas mostradas abaixo incluem um triplo básico PNA-DNA, mostrado também na página 65.



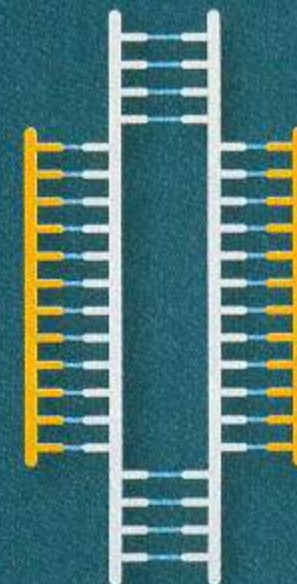
TRÍPLEX



INVASÃO DÚPLEX



INVASÃO DÚPLEX DUPLA

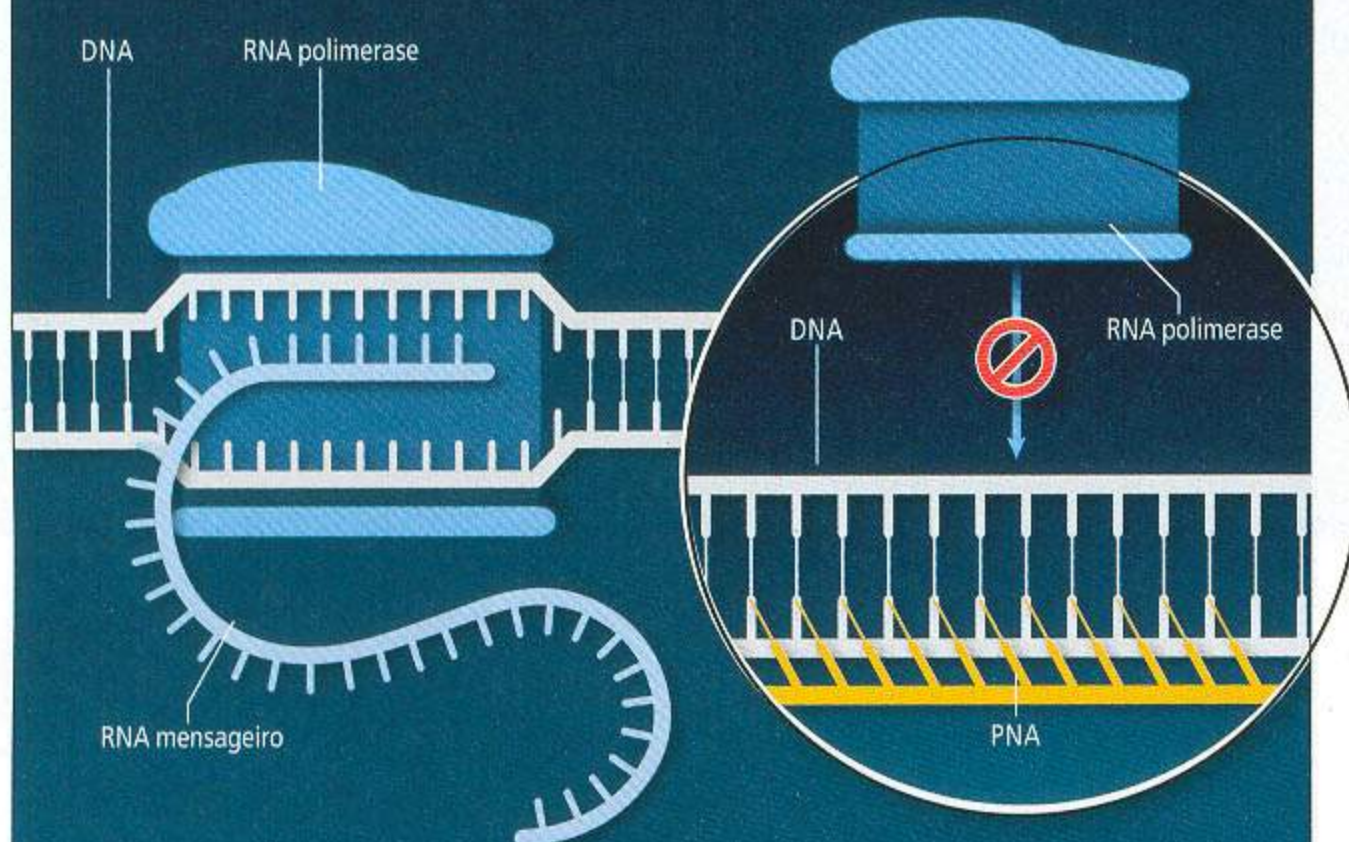


REGULAÇÃO DO GENE PELO PNA

A capacidade do PNA de se ligar ao DNA de fita dupla e ao RNA lhe permite modificar de modo variado a produção de proteínas codificadas por genes específicos.

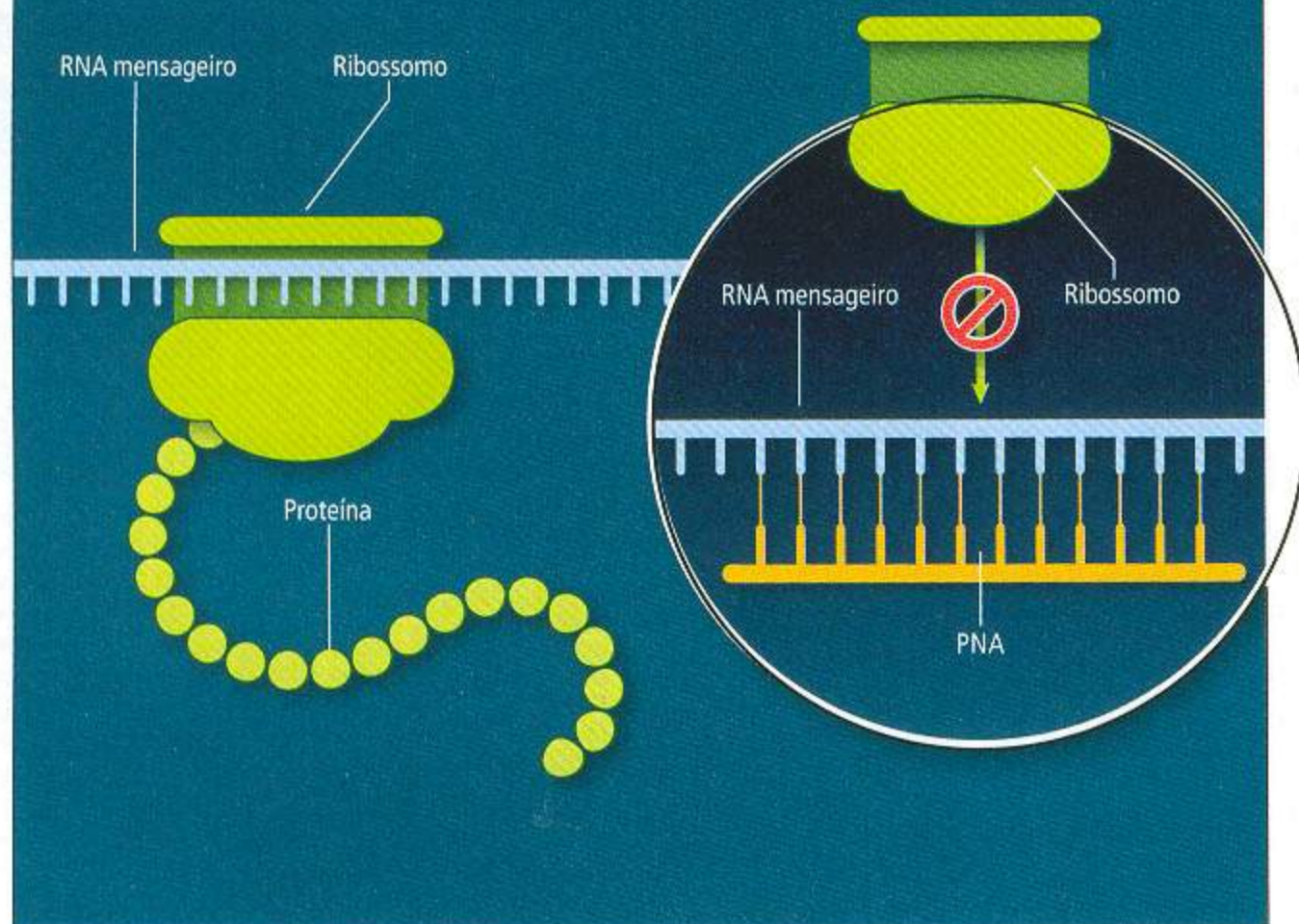
CONTROLANDO A TRANSCRIÇÃO

Na fase da transcrição, uma enzima (RNA polimerase) transcreve a informação codificada em uma molécula de DNA em uma molécula de RNA mensageiro. O PNA consegue bloquear esse processo, ligando-se a parte do gene que será transcrito (*destaque*). Como alternativa a invasão tríplex pelo PNA pode promover a transcrição expondo um segmento apropriado de um DNA de fita simples a enzimas que iniciam a transcrição (*não mostrado*).



BLOQUEANDO A TRADUÇÃO

No segundo estágio da produção de proteína, um ribossomo traduz a seqüência no RNA mensageiro para uma seqüência de aminoácidos, formando a proteína. O PNA pode interferir nesse estágio ligando-se ao RNA mensageiro.



fita tripla então apresenta um trio de bases no qual um T se liga a um par T-A (T-A=T, onde "=" indica o pareamento de Hoogsteen) ou um C se liga a uma unidade C-G (C-G=C). Mas essa estrutura só pode se formar quando a fita extra é uma homopirimidina – composta totalmente de C e T (ou U, no RNA) –, pois cada par de Hoogsteen exige G ou um A na fita da hélice dupla.

Em 1987, o já falecido Claude Hélène, que trabalhava no Museu de História Natural de Paris, e Peter B. Dervan do California Institute of Technology demonstraram de forma independente que a estrutura de tripla hélice poderia de fato ser explorada para criar oligonucleotídeos (fitas de DNA com cerca de 15 nucleotídeos) que leem a seqüência numa fita dupla de DNA e une seu alvo complementar Hoogsteen.

Uma Invasão Sofisticada

Inspirado por esses dados digitais sobre a formação da tripla hélice de oligonucleotídeos pela ligação à fenda da hélice dupla de DNA, meu grupo dedicou-se a sintetizar uma molécula que fizesse o mesmo, com algumas limitações. Esperávamos encontrar moléculas que, em particular, não se limitassem a reconhecer seqüências formadas apenas de G e A, e ainda queríamos que nossa molécula fosse neutra. A estrutura de ácido nucléico contém grupos fosfato que carregam uma carga negativa na solução e provocam uma repulsão em todas as três estruturas, enfraquecendo a ligação da terceira fita com a tripla hélice. Assim, decidimos basear sua criação na sintetização das amidas, pressupondo o mesmo tipo de ligação que une os aminoácidos nas proteínas. Técnicas já comprovadas usando amidas, ou ligações entre peptídeos, permitem a síntese apropriada de moléculas neutras bastante estáveis.

A molécula de ácido peptídico nucléico que produzimos apresenta uma estrutura semelhante à de um peptídeo composto da repetição de uma unidade bem mais simples que o açúcar e o grupo fosfato do DNA e do RNA. Cada unidade tem ligada a ela uma base padrão de ácido nucléico (T, A, C ou G) ou bases que foram modificadas com intuito particular. O espaço entre as bases ao longo do PNA é bem parecido com o do DNA e RNA, permitindo às fitas curtas de PNA, ou oligômeros de PNA, formar estruturas duplas muito estáveis com fitas de DNA e RNA e também com outra fita de PNA. As bases se unem através de pareamento Watson-Crick padrão.

Para nossa surpresa, ao tentarmos atingir o DNA de fita dupla como a homopirimidina de PNA, o PNA falhou ao se ligar à fenda maior do DNA, como

esperado. Em vez disso, uma fita de PNA invadiu a hélice e deslocou uma das fitas de DNA, para formar pareamento Watson-Crick com seu complemento; e uma segunda fita de PNA formou pareamento de Hoogsteen para formar um triplo PNA-DNA=PNA. O segmento de fita de DNA deslocado formou uma estrutura de fita simples chamada alça-P, ao longo da fita tripla.

Essa forma de ligação traz diversas consequências biológicas interessantes, pois o *tríplice* é bastante estável e a alça-P afeta os processos biológicos centrais como a transcrição, a replicação do DNA e a reparação do gene. Por exemplo, a estrutura da alça-P pode dar início à transcrição do RNA do DNA. Além disso, a alça de fita simples pode ser explorada em aplicações como protocolos para o diagnóstico de doenças genéticas: o DNA numa amostra deve primeiro ser amplificado (copiado inúmeras vezes), e a alça pode servir como um ponto anexo específico para o processo de reprodução. Podem ocorrer ainda outros modelos de ligação, dependendo da sequência de DNA alvo e de como modificamos as bases do PNA. Entre eles, a invasão dupla é especialmente interessante. Nela, preparamos dois oligômeros de PNA pseudocomplementares – isto é, suas bases são modificadas o bastante para impedir a formação de uma dupla PNA-PNA, mas não o suficiente para atrapalhar sua ligação individual com outra fita completar de DNA comum. As PNAs então invadem o DNA de fita dupla e formam duas estruturas PNA-DNA.

Comparado a uma formação tripla, que exige um segmento longo de purinas (A e G) no DNA alvo, o modelo de invasão dupla das fitas duplas é menos restritivo quanto às sequências: com a tecnologia atual, a sequência alvo deve conter no mínimo 50% de pares de base A-T. Mesmo essa restrição pode ser contornada com a descoberta de formas modificadas adequadas de bases G e C. O PNA se liga dessa maneira a moléculas de DNA e RNA complementares com especificações e afinidade ainda maiores que aquelas exibidas por um DNA natural. Os oligômeros de PNA com grupos fluorescentes anexos se tornam então atrativos como agentes para detectar genes específicos em testes de diagnóstico. Por exemplo, a chamada análise de hibridização *in situ* fluorescente indica a posição de sequências específicas nos cromossomos.

Perspectivas para Drogas

Muitos estudos, em cultura celular e também em soluções *in vitro*, resultaram em prova de conceito para o uso de oligômeros de PNA para suprimir ou estimular a transcrição, a replicação ou o reparo de genes específicos, através de ligações com o DNA

PROVAS DE CONCEITO

Muitas experiências revelaram como os oligômeros de PNA podem afetar os processos biológicos com resultado terapêutico.

A equipe de Peter M. Glazer, na Yale University, mostrou em células animais que uma estrutura tripla invasiva formada de PNA e DNA levou ao reparo de um gene contendo uma mutação responsável pela talassemia, distúrbio sanguíneo humano. Esse processo pode vir a ser explorado para tratar doenças provocadas por mutações pontuais ou pequenas deleções num gene.

David R. Corey do University of Texas Southwestern Medical Center, em Dallas, e seus colegas mostraram em células de câncer de mama humano que o PNA pode bloquear a transcrição, ligando-se a um segmento de DNA que é separado em duas fitas, pouco antes que a RNA polimerase transcreva o DNA em RNA. Esse processo ajudará a esclarecer o papel de genes específicos para tornar as células malignas.

Pesquisadores produziram PNAs que bloqueiam a expressão de genes essenciais em bactérias, inibindo o crescimento das bactérias ou até mesmo as eliminando. Essa descoberta pode resultar em novas classes de antibióticos para combater o problema da resistência bacteriana a drogas existentes.

de diversos modos. Pesquisadores relataram ainda inúmeros experimentos mostrando que os oligômeros de PNA podem atuar de alguma forma no modo como uma interferência do anti-senso de RNA, inibindo a expressão gênica na fase da tradução, tanto em culturas celulares como em alguns testes com camundongos.

O PNA alcança esses efeitos bloqueando fisicamente processos importantes que incluem o RNA. Já os oligômeros de DNA ou RNA usados para a interferência do RNA são assistidos por enzimas em células que separam as duplas RNA-DNA e RNA-RNA formadas. A estrutura RNA-PNA não está sujeita a receber esse tipo de assistência, pois enzimas não conseguem reconhecer uma estrutura atípica assim, embora, até o momento, os pesquisadores só tenham abordado esse questionamento apenas em uma das enzimas relevantes. Ainda assim, a natureza estranha dos oligômeros de PNA também os torna incrivelmente estáveis em meio biológico – enzimas que quebram outros peptídeos não os reconhecem, logo, os PNAs têm mais tempo para encontrar o RNA correspondente e desativá-lo.

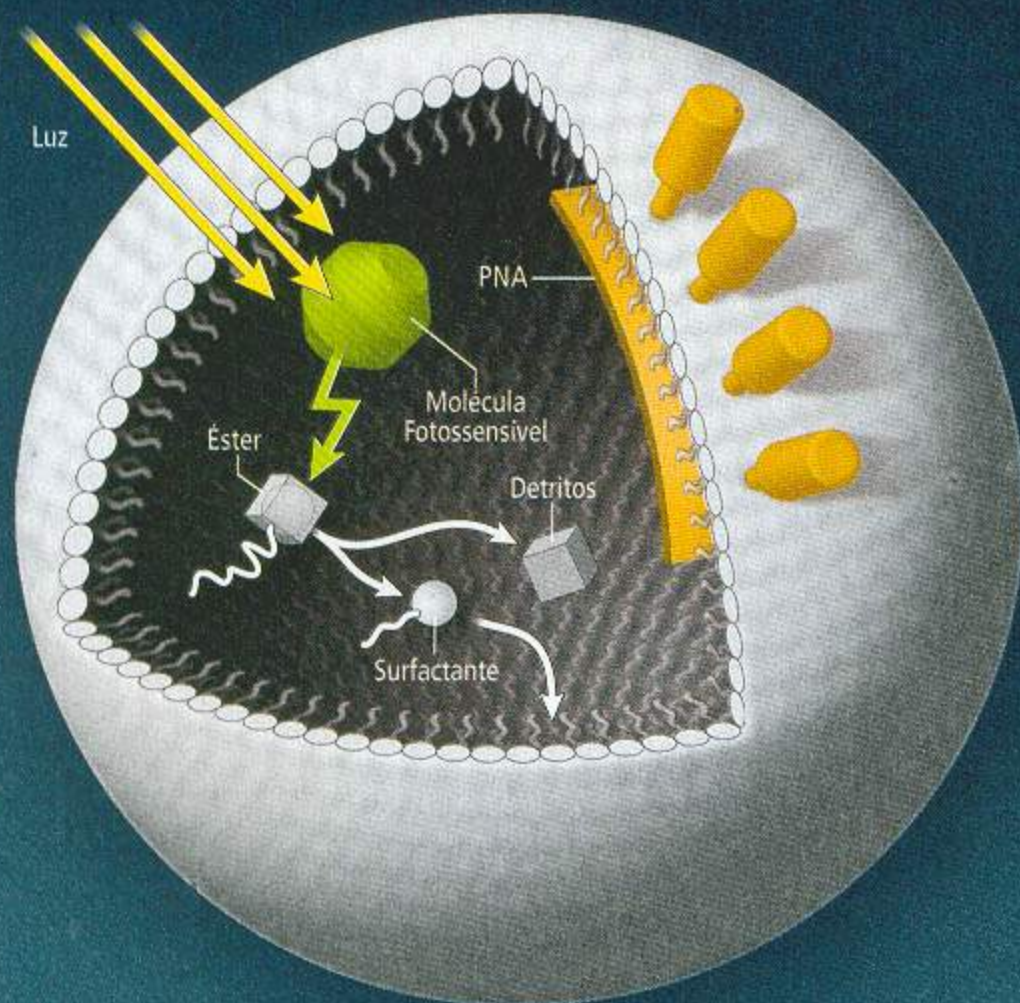
Em alguns casos o bloqueio de um processo do RNA pode restaurar uma proteína sadia. Em 2007, Matthew Wood, da University of Oxford, e seus colaboradores mostraram que o PNA pode explorar esse efeito. Ao injetarem o PNA em camundongos com distrofia muscular, os músculos injetados apresentaram um aumento nos níveis da proteína distrofina, cuja ausência provoca a distrofia. O PNA impediu que um segmento danificado da distrofina fosse traduzido de RNA em proteína, eliminando assim a mutação debilitante presente naquele segmento e, ao mesmo tempo, preservando distrofina o bastante para a função.

Os oligômeros de PNA e ácido nucléicos convencionais dividem o problema comum da pouca biodisponibilidade, já que são moléculas volumosas e principalmente hidrofílicas (que absorvem água), o que dificulta sua entrada nas células cujas paredes são compostas de uma membrana lipídica hidrofóbica. Apesar de sua grande estabilidade, o PNA dura pouco no organismo animal, pois graças à sua hidrofiliabilidade é rapidamente excretado pela urina. Em um camundongo, por exemplo, metade do PNA se vai em menos de meia hora. Assim, o advento das drogas a partir do PNA aguarda o desenvolvimento das devidas alterações químicas ou formulações farmacêuticas (isso é, combinações com outras substâncias) para facilitar a biodisponibilidade do PNA. De fato, o principal foco da pesquisa em medicina genética em geral é superar o problema do caminho até as células do organismo. Pesquisadores credi-

VIDA ARTIFICIAL

Pesquisadores dispostos a construir novas formas de vida a partir de combinações de substâncias não viventes vêm considerando usar o PNA em seus planos como componente genético (mensageiro), por ser mais simples e mais estável do que o DNA ou o RNA. Na proposta mostrada abaixo, o PNA está inserido na superfície de um reservatório formado sozinho do agrupamento de moléculas surfactantes. Moléculas fotossensíveis na célula

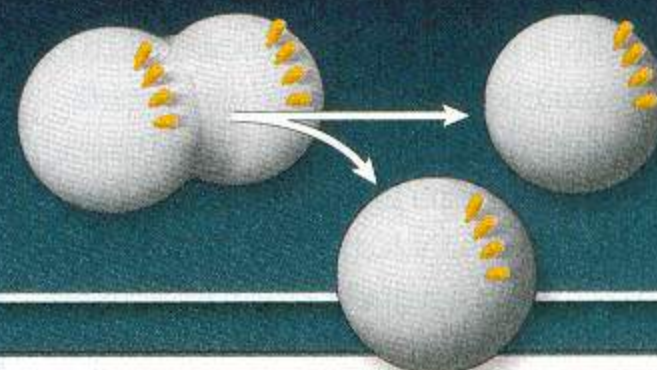
energizam a geração de mais moléculas surfactantes de ésteres metílicos precursores. Se o PNA se replica (*em cima*), a protocélula que se expande pode se dividir em duas cópias semelhantes (*em baixo*). Ao se auto-organizar, metabolizar-se (explorando uma fonte de energia) e ao se auto-replicar, a protocélula exhibe algumas das características da vida.



O PNA se replica quando fragmentos complementares curtos dele se unem a ele e migram para o interior lipídico da protocélula, onde os fragmentos se agrupam para formar uma segunda fita de PNA.



Quando a protocélula cresce o bastante, ela se torna instável e se divide em duas.



tam que essa dificuldade deva ser o último obstáculo para avanços médicos nessa área.

Vida Artificial

Ao conectar os domínios dos ácidos nucleicos e proteínas o PNA poderá servir a ambos, armazenando informações, como o DNA, e ainda, se tornar o mecanismo catalítico de uma célula artificial, como as muitas enzimas baseadas em proteínas nas células naturais. São essas duas possibilidades, somadas a outras propriedades do PNA que têm despertado o interesse dos cientistas em busca de vida artificial.

Mas, em muitos aspectos o RNA está muito à frente do PNA nesta disputa. São inúmeros os exemplos naturais e sintéticos de RNA catalítico, mas ainda não foram descobertas moléculas de PNA catalítico. Porém, assim como os oligômeros de PNA, de RNA e de proteínas se dobram em diversos formatos (as chamadas estruturas secundárias e terciárias) que são a chave para que a catálise aconteça, acredita-se que o desenvolvimento de uma variação catalítica relativa ao PNA é mera questão de tempo.

As abordagens mais avançadas para criar a vida desde o início, juntando agrupamentos de moléculas, buscam identificar moléculas de RNA auto-replicante que catalisem sua própria síntese. Em princípio, as moléculas de RNA nesses esquemas poderiam ser substituídas pelo PNA, ou por uma molécula sintética, que fosse muito semelhante. Já foram descobertos sistemas de replicação autocatalítica que usam oligonucleotídeos curtos e também peptídeos auto-replicantes curtos. Portanto, deve ser possível desenvolver sistemas análogos de auto-replicação de PNA. Um sistema de auto-replicação baseado no PNA teria como vantagem ligações de peptídeo quimicamente robustas, além da versatilidade e especificidade do reconhecimento seqüência-base.

Um sistema de replicação genética, no entanto, ainda que determinante, é apenas um dos componentes da vida. A essência da vida consiste numa rede de reações químicas funcionando num estado relativamente estável, ainda que não em equilíbrio. (*ver Uma origem mais simples da vida, por Robert Shapiro; SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, julho de*

2007). Um desafio ainda maior será incorporar a molécula auto-replicante em um sistema maior que desempenhe outra atividade catalítica e tenha um ciclo metabólico, e integrar o sistema a um compartimento físico como uma vesícula lipídica, formando o que alguns pesquisadores chamam de “protocélula”. Steen Rasmussen do Los Alamos National Laboratory e Liaohai Chen do Argonne National Laboratory sugeriram um desenho primitivo de protocélula, baseado no PNA (*ver box na página oposta*). O reservatório da protocélula se forma sozinho a partir de moléculas surfactantes – cadeias de lipídios com pontes hidrofílicas. A estrutura de PNA é modificada para se tornar lipofílica, ou absorvente de gordura, assim o PNA se acomoda na superfície da protocélula. Fragmentos curtos de PNA formam par com o PNA da protocélula para formar uma segunda fita com a seqüência complementar. Uma molécula fotossensível energiza a produção de mais moléculas surfactantes, o que aumenta o tamanho da protocélula. Quando aumenta bastante de tamanho, a protocélula naturalmente torna-se instável e se fraciona. Note que esta resposta é puramente especulativa, atormentada por um problema básico que cabe aos químicos resolver: a estabilidade do PNA de fita dupla definitivamente impede sua separação em duas fitas filhas. Os pesquisadores têm à frente um caminho longo e sinuoso antes de desenvolver células artificiais operacionais.

Origem da Vida?

Um dos objetivos desses esforços para recriar vida em laboratório é entender melhor como a vida começou na Terra. Considerando a microbiologia detalhada das formas de vida contemporâneas, ficou claro que o RNA tem papel ainda mais vital e central para a vida que o DNA e as proteínas. Essa molécula pode carregar ambos os tipos de genótipo (a seqüência com a informação genética) de um organismo e o fenótipo (funções catalíticas). Por essa razão e por outras evidências, muitos cientistas agora aceitam a idéia de que nosso mundo DNA/RNA/proteína foi precedido pelo mundo do RNA. Mas ainda não está claro como as condições prebióticas primitivas conseguiram produzir moléculas de RNA, em especial o açúcar ribose na estrutura do RNA.

Além disso, mesmo se as moléculas de RNA fossem produzidas, sua frágil estabilidade química dificilmente teria permitido que as moléculas sobrevivessem desprotegidas um tempo suficiente para desempenhar papel central na evolução química inicial da vida. Assim, uma molécula como o PNA se colo-

ca como candidata atraente para um mundo pré-RNA: ela é extremamente estável e quimicamente simples, e armazena informação sobre a seqüência.

Em 2000, Stanley L. Miller, famoso por seus experimentos seminais de meio século atrás, sobre formação de aminoácidos em condições que teriam prevalecido na Terra primordial, identificou precursores do PNA em experiências parecidas. Ainda segundo pesquisas, aquela informação sobre a seqüência num oligômero de PNA pode ser transferida por cópia química para outro oligômero de PNA, ou para uma molécula de RNA – processos necessários para um mundo de PNA e, então, a subsequente transição para um mundo PNA/RNA. Sabe-se que há uma enorme distância entre essas observações vagas e a construção de um caso bem fundamentado sobre um mundo pré-RNA baseado no PNA ou em outra molécula semelhante; e para a hipótese criar pernas próprias, falta aos cientistas desvendar moléculas de PNA que possuem atividade catalítica.

Uma década e meia depois de sua descoberta, ainda há muito a aprender sobre o PNA: as moléculas de PNA catalítico são possíveis? Qual o melhor sistema para transportar o PNA terapêutico até as células? Será mesmo possível criar em laboratório uma forma de vida completamente nova baseada em PNA? Com certeza, essas e muitas outras questões serão respondidas nos próximos 15 anos. ■

MUNDO DE PNA?

Segundo pesquisadores é possível que a vida terrestre primitiva tenha se baseado no PNA ou em uma molécula carregada de informações semelhantes, que por ser mais simples e mais estável que o RNA, muitos acreditam que tenha surgido antes do DNA. Esse “mundo de PNA” teria evoluído para um “mundo de RNA” com formas de vida baseadas no RNA e, então, para o mundo da vida que conhecemos, cuja base são o DNA, o RNA e a proteína.

➔ PARA CONHECER MAIS

Sequence-selective recognition of DNA by strand displacement with a thymine-substituted polyamide. Peter E. Nielsen, Michael Egholm, Rolf H. Berg e Ole Buchardt, em *Science*, vol. 254, págs 1497-1500; 6 de dezembro de 1991.

Template switching between PNA and RNA oligonucleotides. Christof Böhler, Peter E. Nielsen e Leslie E. Orgel, em *Nature*, vol. 376, págs 578-581; 17 agosto de 1995.

Peptide nucleic acid: a molecule with two identities. Peter E. Nielsen, em *Accounts of Chemical Research*, Vol. 32, nº 7, págs. 624-630; julho de 1999.

Synthesizing life. Jack W. Szostak, David P. Bartel e P. Luigi Luisi, em *Nature*, vol. 409, págs 387-390; 18 de janeiro de 2001.

Prebiotic chemistry and the origin of the RNA world. Leslie E. Orgel, em *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, vol. 39, nº 2, págs 99-123; março/abril de 2004.

Mágica e Truques que Iludem o Cérebro

Mágicos há séculos exploram os limites da cognição e da atenção. Agora, neurocientistas começam uma corrida em busca de um tempo perdido

Por Susana Martinez-Conde e Stephen L. Macknik



CONCEITOS-CHAVE

- Truques de mágica geralmente são feitos por meio do despiste encoberto, de modo que o espectador não preste atenção no “método” que faz a mágica funcionar.
- Imagens cerebrais mostram que algumas regiões estão especialmente ativas durante certos tipos de truques de mágica.
- Neurocientistas estão examinando truques de mágica em busca da utilidade que possam ter em estudos experimentais que explorem aspectos da consciência, não necessariamente fundados na realidade sensorial comum.

— Os editores

O refletor se acende sobre a assistente. A mulher de vestido branco curtíssimo é uma fonte luminosa que irradia beleza do palco para o público. O Grande Tomsoni anuncia que irá transformar a cor do vestido dela em vermelho. Tensos, sentados nas poltronas, os espectadores se concentram na mulher, gravando a imagem dela nas retinas. Tomsoni bate palmas e os holofotes se apagam rapidamente, antes de criarem uma atmosfera vermelha. A mulher agora está inundada pela vermelhidão dos projetores.

Mas esperem! Mudar a cor com um holofote não era exatamente o que o público tinha em mente. O mágico pára na lateral do palco, olhando alegremente para sua brincadeira. Sim, ele admite ter sido um truque barato; o que ele prefere, explica diabolicamente. Mas temos de concordar, o vestido dela ficou vermelho – junto com todo o resto. Então, o perdoe, e preste atenção mais uma vez em sua bela assistente enquanto ele acende a luz para o próximo truque. Ele bate palmas e as luzes baixam de novo; depois, o palco é coberto por uma imensidão de branco. Espere! O vestido dela realmente ficou vermelho. O Grande Tomsoni conseguiu mais uma vez!

O truque e a explicação dada por John Thompson (conhecido como o Grande Tomsoni) revelam um profundo conhecimento intuitivo dos processos neurais que acontecem no cérebro dos espectadores – um tipo de entendimento que nós, neuro-

cientistas, podemos usar para nosso benefício científico. Veja como o truque funciona. Quando Thompson apresenta sua assistente, o vestido branco e justo dela, silenciosamente, leva os espectadores a acreditar que nada – outro vestido certamente não – poderia estar escondido sob o vestido branco. Essa suposição razoável, é claro, está errada. A mulher atraente em seu vestido apertado também ajuda a atrair a atenção das pessoas para onde Thompson quer – o corpo da mulher. Quanto mais olham para ela, menos percebem os dispositivos dissimulados no chão, e mais adaptados se tornam seus neurônios retiniais à brancura da luz e à cor que percebem.

Durante a rápida fala de Thompson depois da pequena “piada”, o sistema visual de cada espectador passa por um processo cerebral chamado de adaptação neural. A reação de um sistema neural a um estímulo constante (como medida pela taxa de disparo dos neurônios importantes) diminui com o tempo. É como se os neurônios ignorassem efetivamente um estímulo constante para guardar energia e sinalizar que um estímulo está mudando. Quando cessa o estímulo constante, os neurônios adaptados disparam uma resposta “de ricochete”, conhecida como pós-descarga.

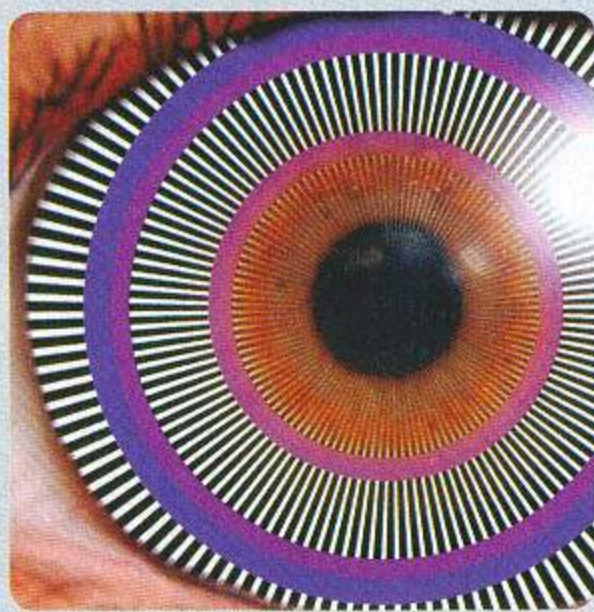
Nesse caso, o estímulo de adaptação é o vestido iluminado de vermelho, e Thompson sabe que os neurônios retiniais dos espectadores irão ricochetear por uma fração de segundo antes de as luzes



OS MÁGICOS PENN & TELLER executam uma versão atualizada do clássico "truque da serra" que ainda cria uma ilusão inesquecível (Penn está operando a serra; Teller é sua vítima "pronto para qualquer parada"). Neurocientistas estão adaptando os métodos da mágica em diversos tipos de experimento, entre eles o estudo de como o cérebro responde a percepções que parecem violar a realidade.

ENGANANDO O OLHO OU A MENTE

Uma ilusão baseada na pintura *Enigma*, do artista francês Isia Léviat, costuma induzir à falsa sensação de movimento em fluxo nos anéis concêntricos (fixe o olhar no ponto central da figura). Mas a origem dessa ilusão está na mente ou no olho? A evidência era contraditória até que os autores e seus colegas mostraram, em outubro, que o movimento ilusório é causado por microscacadas – movimentos mínimos e involuntários do olho que ocorrem durante uma fixação visual. É essencial conhecer as funções do olho e da mente antes de usar as ilusões da mágica nas ferramentas experimentais da neurociência.



ILUSÕES COGNITIVAS

Neurocientistas estão estudando as formas que os mágicos usam para explorar lapsos mentais, entre elas:

■ CEGUEIRA PARA A MUDANÇA

O observador não percebe mudanças feitas em uma cena durante uma breve interrupção.

EXEMPLO: A cor dos acessórios é modificada entre as cenas de uma peça.

■ CEGUEIRA POR DESATENÇÃO

O espectador não percebe fatos que estão totalmente à vista.

EXEMPLO: Uma pessoa vestida de gorila transita em uma cena e passa despercebida.

■ CEGUEIRA PARA A ESCOLHA

O espectador explica as razões para uma escolha, mesmo que a escolha não tenha sido feita.

EXEMPLO: Um homem não percebe quando uma fotografia que escolheu é trocada por outra, em segredo, e explica sua "preferência" pela última (ver quadro no topo da pág. 53)

■ CORRELAÇÃO ILUSÓRIA

Parece haver uma relação de causa e efeito entre dois eventos independentes.

EXEMPLO: O mágico balança a varinha e um coelho aparece.

se apagam. O público continuará vendo uma imagem residual vermelha na forma da mulher. Em menos de um segundo, um alçapão se abre no palco, rapidamente, e o vestido branco, preso levemente ao corpo com velcro e amarrado a cabos invisíveis sob o palco, é retirado do corpo dela. Depois, as luzes se acendem.

Dois outros fatores fazem o truque funcionar. Primeiro, a luz é tão intensa antes de o vestido ser retirado que, quando apagada, o espectador não consegue perceber os rápidos movimentos dos cabos e o vestido branco desaparecendo sob o palco. A mesma cegueira temporária pode nos dominar quando saímos de uma rua ensolarada e entramos em uma loja mal iluminada. Segundo, Thompson faz o truque verdadeiro só depois de o público pensar que já acabou. Com isso ele ganha uma vantagem cognitiva importante – os espectadores não estão procurando um truque naquele momento crítico, e por isso relaxam brevemente seus olhares atentos.

A Nova Ciência da Neuromágica

O truque de Thompson ilustra muito bem a essência da mágica de palco. Os mágicos são, acima de tudo, artistas da atenção e da consciência. Eles manipulam o foco e a intensidade da nossa consciência. Isso é feito em parte pelo uso de combinações desconcertantes de ilusões visuais (como as imagens residuais), ilusões ópticas (fumaça e espelhos), efeitos especiais (explosões, tiros falsos, controles de iluminação regulados com precisão), prestidigitação, recursos secretos e artefatos mecânicos ("apetrechos").

Mas o instrumento mais versátil na bagagem dos truques é a capacidade de criar ilusões cognitivas. Assim como ilusões visuais, as ilusões cognitivas mascaram a percepção da realidade física. E, de modo diferente, sua natureza não é sensorial.

Elas requerem funções de alto nível como atenção, memória e inferência causal. Com todas essas ferramentas à disposição, mágicos experientes tornam praticamente impossível a percepção dos processos que realmente estão acontecendo – dando a impressão de que a única explicação para os acontecimentos é a mágica.

Os neurocientistas estão apenas começando a se inteirar das habilidades dos mágicos em manipular a atenção e a cognição. Obviamente os objetivos da neurociência são diferentes das intenções dos mágicos; os neurocientistas querem entender o cérebro e as bases neurais das funções cognitivas, enquanto os mágicos têm como objetivo principalmente explorar as fraquezas cognitivas. Contudo, as técnicas desenvolvidas pelos mágicos ao longo de séculos de ilusionismo também podem ser instrumentos preciosos nas mãos dos neurocientistas, acrescentando e talvez sofisticando os instrumentos já em uso experimental.

Os neurocientistas estão se familiarizando com os métodos da mágica ao submeter a própria mágica ao estudo científico – em alguns casos demonstrando pela primeira vez como alguns de seus métodos atuam no cérebro. Estudos feitos até agora sobre a mágica confirmam o que se conhece sobre a cognição e a atenção a partir de trabalhos anteriores na psicologia experimental. Um cínico discutiria essas iniciativas com argumentos como "para que mais um estudo que simplesmente confirma o que já é conhecido?". Mas críticas desse tipo não consideram a importância e o propósito dos estudos.

Ao investigar as técnicas de mágica, neurocientistas se familiarizam com métodos que podem adotar para seus próprios objetivos. Na verdade, acreditamos que a neurociência cognitiva poderia ter avançado mais rapidamente se os investigadores tivessem explorado mais cedo as intuições dos mágicos. Ainda hoje os mágicos devem ter vários truques guardados na manga que os neurocientistas não conhecem.

Ao usar as ferramentas da mágica, os neurocientistas esperam aprender como desenvolver experimentos mais vigorosos e criar ilusões visuais e cognitivas mais eficazes para explorar as bases neurais da atenção e da consciência. Essas técnicas não só tornariam possíveis os estudos experimentais da cognição com sujeitos mais espertos e altamente atentos, mas também levariam a diagnósticos e métodos de tratamento para pacientes que sofrem de déficits cognitivos específicos – como déficits de atenção resultantes de traumatismo cerebral, TDAH (transtorno de déficit de atenção com hiperatividade) e mal de Alzheimer, entre outros. Os métodos da mágica também podem ser colocados em prática

para “induzir” pacientes a se concentrarem nas partes mais importantes de sua terapia, evitando distrações que provocam confusão e desorientação.

Os mágicos usam o termo geral “despiste” (*misdirection*) para se referir à prática de afastar a atenção do espectador de uma ação secreta. Na linguagem dos mágicos, o despiste leva a atenção do público para o “efeito”, afastando-o do “método”, do segredo por trás do efeito. Tomando alguns termos da psicologia cognitiva, classificamos o despiste como “patente” e “encoberto”. O despiste é patente se o mágico direciona o olhar do espectador para longe do método – talvez pedindo apenas que o público olhe para determinado objeto. Quando o Grande Tomsoni apresenta sua adorável assistente, por exemplo, ele garante que todos os olhares estejam sobre ela.

Mas o despiste “encoberto” é uma técnica mais sutil; aqui, o mágico também afasta o foco de atenção do espectador – ou foco de suspeita – do método, mas sem necessariamente redirecionar o seu olhar. Sob a influência do despiste encoberto, os espectadores podem olhar diretamente para o método por trás do truque sem nenhuma consciência dele.

A neurociência cognitiva já reconhece pelo menos dois tipos de despiste encoberto. No que é chamado de cegueira para a mudança, as pessoas não conseguem perceber que alguma coisa em relação à cena é diferente de como era antes. A mudança pode ser esperada ou não, mas o traço principal é que os observadores não a percebem olhando para

a cena a qualquer momento no tempo. Em vez disso, o observador deve comparar o estado pós-mudança com o estado pré-mudança.

Muitos estudos mostraram que as mudanças não precisam ser sutis para produzir a cegueira para a mudança. Até mesmo alterações extremas em uma cena visual passam despercebidas se ocorrem durante uma interrupção passageira como uma piscada, um movimento rápido dos olhos (em que o olho ligeiramente salta de um ponto para outro) ou uma cintilação da cena.

O vídeo “truque das cartas que mudam de cor” (*color-changing card trick*), feito pelo psicólogo e mágico Richard Wiseman da University of Hertfordshire, na Inglaterra, é um excelente exemplo do fenômeno (disponível online em www.youtube.com/watch?v=voAntzB7ExE). Na demonstração de Wiseman – é preciso ver para entender – os espectadores não percebem mudanças de cor que acontecem fora da área delimitada pela câmara. Vale notar que, apesar do nome, o vídeo do truque das cartas não usa magia para provar o que quer.

A cegueira por desatenção difere da cegueira para a mudança visto que não há necessidade de comparar a cena presente com uma cena lembrada. Em vez disso, as pessoas não percebem um objeto inesperado que está completamente visível bem na frente delas. O psicólogo Daniel J. Simons inventou um exemplo clássico do gênero. Simons e o psicólogo Christopher F. Chabris, ambos da Harvard University, pediram que observadores contassem quantas vezes um time de jogadores de basquete

[OS AUTORES]

Susana Martinez-Conde e **Stephen L. Macknik** são do Instituto Neurológico Barrow, em Phoenix, onde Martinez-Conde é diretora do Laboratório de Neurociência Visual e Macknik é diretor do Laboratório de Neurofisiologia Comportamental. Os autores agradecem aos mágicos colaboradores por compartilhar muitas idéias: Mac King, James Randi (também conhecido como Amazing Randi), Apollo Robbins, Teller (do Penn & Teller) e John Thompson (também conhecido como Great Tomsoni). Eles também agradecem à Associação de Estudos Científicos da Consciência e à Fundação Mind Science.

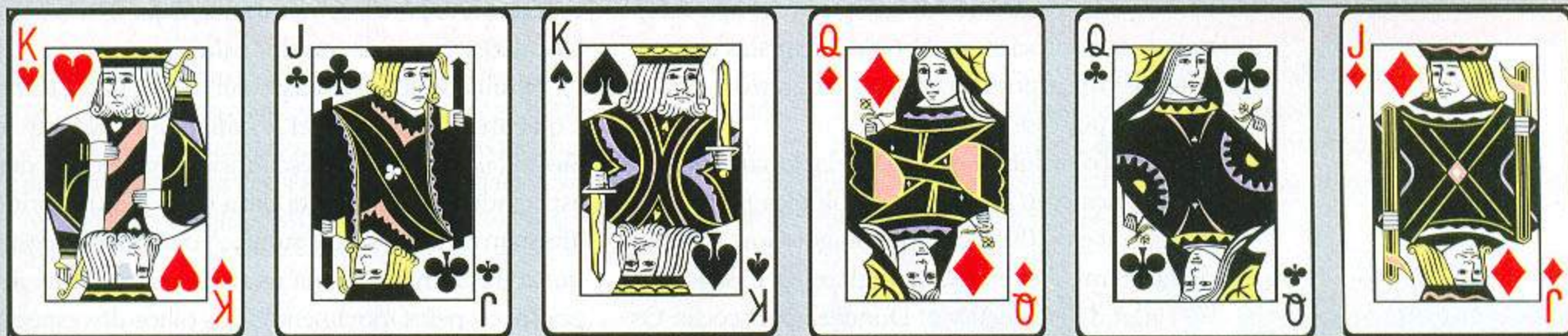


[CEGUEIRA PARA A MUDANÇA]

VOCÊ CONSEGUE NOS IMPEDIR DE LER SUA MENTE?

Você consegue explicar os fantásticos resultados do seguinte experimento de leitura mental feito por Clifford Pickover, prolífico autor de livros populares sobre ciência e matemática? Os editores da SCIENTIFIC AMERICAN simularam um teste de Pickover que você pode fazer aqui, ou tentar uma

versão mais intrigante em <http://sprott.physics.wisc.edu/pickover/esp.html>. Usando o sistema dele de Percepção Extra-sensorial (PES), achamos que conseguiremos prever o resultado correto de sua escolha com 98% de precisão. Para começar, escolha uma das seis cartas abaixo e memorize-a.



Diga em voz alta o nome da carta várias vezes para não esquecer. Quando tiver certeza de que a memorizou, circule um dos olhos na fileira abaixo. Agora, vá para a pág. 63.



COMO TIRAR MOEDAS DO AR

O mágico Teller confia no despiste e na prestidigitação para criar uma ilusão chamada de "O sonho do pão-duro". Ele começa escondendo seis moedas na palma de cada mão, e

depois aparentemente produz as moedas a partir de qualquer coisa que ele toque — seu próprio cabelo, a roupa dos espectadores, o espaço vazio — e joga as moedas em um balde



Depois de mostrar que o balde está vazio, Teller começa a produzir moedas em sua mão direita.



Ao olhar para sua mão direita, ele desvia a atenção do público de sua mão esquerda. Mas é a mão esquerda, que segura o balde, onde joga as moedas escondidas.



Na verdade, ele está apresentando sempre a mesma moeda na mão direita.



Quando o público começa a suspeitar que Teller está simplesmente jogando moedas escondidas na mão direita, ele joga de uma vez só cinco ou seis moedas da mão direita. Isso assusta a plateia porque ele não poderia ter escondido 11 moedas na mão direita.

passava a bola um para o outro, enquanto ignoravam os passes feitos por três outros jogadores. Quando se concentraram na contagem, metade dos observadores não conseguiu perceber que uma pessoa vestindo uma fantasia de gorila passou pela cena (o gorila até pára um pouco no centro da cena e bate no peito). Para criar o efeito, não foi necessário nenhuma interrupção abrupta ou distração; a tarefa de contagem era tão absorvente que muitos observadores que olhavam diretamente para o gorila nem sequer o perceberam.

Enganando o Olho ou o Cérebro?

Os mágicos consideram a forma oculta do despiste mais elegante que a forma patente. Mas os neurocientistas querem saber que tipo de mecanismos neurais e cerebrais permitem que um truque funcione. Se o talento artístico dos mágicos deve ser adaptado pela neurociência, os neurocientistas querem entender que tipos de processos cognitivos são explorados por esse talento.

Talvez o primeiro estudo a relacionar a percepção mágica com a medição fisiológica tenha sido publicado em 2005 pelos psicólogos Gustav Kuhn, da Durham University, na Inglaterra, e Benjamin W. Tatler da University of Dundee, na Escócia. Os dois pesquisadores mediram os movimentos dos olhos de observadores, enquanto Kuhn, que também é mágico, fazia um cigarro "desaparecer" jogando-o debaixo de uma mesa. Um de seus objetivos era determinar se os observadores não perce-

biam o truque porque não estavam olhando na direção certa, no tempo certo, ou porque não prestaram atenção, não importa a direção para onde olhassem. Os resultados foram claros: não fazia diferença para onde olhavam.

Um estudo semelhante com outro truque de mágica, a "ilusão da bola que desaparece", traz indícios de que o mágico está manipulando a atenção dos espectadores em um alto nível cognitivo; a direção do olhar não é crucial para o efeito. Na ilusão da bola que desaparece, o mágico começa jogando uma bola para cima e pegando-a diversas vezes sem maiores problemas. Depois, na última jogada, ele só tem a intenção de arremessar a bola. A cabeça e os olhos dele seguem a trajetória ascendente de uma bola imaginária, mas em vez de jogar a bola, ele a esconde na mão secretamente. O que a maioria dos espectadores percebe, no entanto, é que a bola (não lançada) sobe — e depois desaparece no ar.

No ano posterior à sua pesquisa com Tatler, Kuhn e o neurologista Michael F. Land, da University of Sussex, na Inglaterra, descobriram que o olhar dos espectadores não aponta para onde eles próprios afirmam ter visto a bola sumir. A descoberta sugere que a ilusão não engana os sistemas cerebrais responsáveis pelos movimentos dos olhos dos espectadores. Kuhn e Land concluíram que, ao contrário, os movimentos dos olhos e da cabeça do mágico foram cruciais para a ilusão, porque secretamente redirecionam o foco de atenção dos espectadores (em vez do olhar) para a posição prevista da bola. Os

de metal gerando fortes sons metálicos. O engano depende em parte de estímulos sociais, como posição da cabeça e direção do olhar.



Teller apresenta a última moeda escondida na mão direita e vira a mão para mostrar que a palma, de fato, está vazia.



Espetaculosamente, Teller joga as 11 moedas para fora do balde enquanto segura a última moeda na mão direita.

Mais Ferramentas de Truques

Muitas vezes os espectadores tentam reconstruir truques de mágica para entender o que aconteceu durante o espetáculo – afinal, quanto mais o observador tenta (e não consegue) entender o truque, mais parece que foi “mágica”. Por sua vez, os mágicos costumam desafiar o público a descobrir seus métodos, por exemplo, “provando” que um chapéu está vazio ou que o vestido da assistente é apertado demais para esconder outro vestido por baixo. Praticamente tudo o que ocorre é feito para que a reconstrução seja o mais difícil possível, por meio do despiste.

Mas a cegueira para a mudança e a cegueira por desatenção não são os dois únicos tipos de ilusões cognitivas que os mágicos tiram do chapéu. Suponha que um mágico precise levantar a mão para fazer um truque. Teller, integrante do grupo de ilusionismo conhecido como Penn & Teller, explica que se ele ergue a mão sem nenhum motivo aparente, é mais provável que levante suspeitas do que se fizesse um gesto com a mão – como arrumar os óculos ou coçar a cabeça – que pareça natural ou espontâneo. Para os mágicos, esses gestos são conhecidos como “comunicando o movimento”.

Suposições não-ditas e informações implícitas também são importantes tanto para a percepção de um truque quanto para sua reconstrução. Os mágicos James Randi (“the Amazing Randi”) observa que é mais fácil convencer os espectadores a aceitar sugestões e informações implícitas que asserções diretas. Por essa razão, o espectador deve lembrar, na reconstrução, das sugestões implícitas como se fossem provas diretas.

Os psicólogos Petter Johansson e Lars Hall, ambos da Universidade de Lund, na Suécia, junto com seus colegas, aplicaram essa e outras técnicas de mágica no desenvolvimento de uma forma completamente nova de abordar questões neurocientíficas.

neurônios que responderam ao movimento implícito da bola sugerido pelos movimentos dos olhos e da cabeça do mágico encontram-se nas mesmas áreas visuais do cérebro que os neurônios sensíveis ao movimento real. Se o movimento implícito e o real ativam circuitos neurais semelhantes, talvez não seja surpresa que a ilusão pareça tão real.

Kuhn e Land criaram a hipótese de que a bola que desaparece deve ser um exemplo do “momentum representacional”. A posição final de um objeto em movimento que desaparece é percebida mais distante ao longo de seu trajeto do que sua real posição final – como se a posição prevista tivesse extrapolado a partir do movimento que acabou de acontecer.

ILUSÕES VISUAIS NA MÁGICA

Nem toda mágica é cognitiva. Explorar as propriedades bem conhecidas do sistema visual também pode levar a efeitos incomuns, entre eles:

■ COLHER TORTA

O mágico balança uma colher de modo que o cabo pareça flexível.

POR QUE FUNCIONA

Os neurônios do córtex visual sensíveis tanto ao movimento quanto a extremidades de uma linha respondem às oscilações de modo diferente que outros neurônios visuais. O resultado é uma aparente discrepância entre as extremidades de um estímulo e seu centro; um objeto sólido parece dobrar no meio.

■ RETENÇÃO DO DESAPARECIMENTO VISUAL

O mágico remove um objeto do campo visual, mas ele ainda fica visível durante determinado tempo.

POR QUE FUNCIONA

A pós-descarga neural produz imagens residuais por cerca de 100 milissegundos depois que um estímulo termina.

■ ESPIRAIS ROTATIVAS DE JERRY ANDRUS

Os espectadores olham para um disco rodando com três zonas de movimento em expansão e contração. Depois, quando olham para um objeto fixo, este também parece expandir e contrair.

POR QUE FUNCIONA

Neurônios se adaptam de modo diferente aos movimentos nas três zonas do campo visual.

[CEGUEIRA PARA A ESCOLHA]

INDUZINDO NARRATIVAS FALSAS

Em um experimento foram mostrados pares de fotografias para os sujeitos (a) e pedido que escolhessem a imagem mais atraente (b). Depois de cada escolha os pesquisadores viravam as imagens para baixo (c) e usaram a prestidigitação para trocar algumas das imagens escolhidas pelas rejeitadas. A “escolha”, então, era virada para cima e os sujeitos tinham de

explicar a preferência. Mesmo quando a escolha mostrada era na verdade a imagem rejeitada (d), muitos sujeitos “explicavam” sua escolha. A ânsia das pessoas em ajustar o que falsamente pensam ser suas escolhas em uma narrativa internamente consistente pode, dessa forma, substituir a lembrança de suas verdadeiras escolhas.



Eles apresentaram pares de figuras de rostos femininos para pessoas novatas em experimentos e pediram que escolhessem o mais atraente. Em algumas tentativas, eles tinham de descrever as razões da escolha. Algumas vezes os pesquisadores usavam uma técnica de prestidigitação, desconhecida para os sujeitos, aprendida com um mágico profissional chamado Peter Rosengren, para trocar um rosto pelo outro – depois de os sujeitos terem feito sua escolha. Assim, para os pares que foram manipulados secretamente, o resultado da escolha do sujeito se torna o oposto à intenção que ele tinha anteriormente.

Estranhamente, os sujeitos perceberam a mudança em apenas 26% de todos os pares manuseados. Mais surpreendente ainda, quando as pessoas tinham de dizer as razões de suas escolhas em um teste manipulado, confabulavam para justificar o resultado – que era o oposto de sua escolha verdadeira. Johansson e seus colegas chamaram o fenômeno de “cegueira para a escolha”. Sugerindo tacitamente, mas de maneira firme, que os sujeitos já tinham feito uma escolha, os investigadores foram capazes de justificar as escolhas – até mesmo escolhas que não tinham feito.

O Ladrão que Roubou seu Cérebro

Técnicas para desviar a atenção também podem ser aprendidas a partir das habilidades dos batedores

de carteira. Esses ladrões, que geralmente agem em lugares públicos abarrotados, confiam amplamente no desvio de atenção baseado em aspectos sociais – contato pelo olhar, contato corporal e invasão do espaço pessoal da vítima, ou “alvo”. Batedores de carteira também movem suas mãos de forma distinta dependendo do propósito existente.

Eles podem completar um caminho curvo com as mãos se quiserem atrair a atenção do alvo para toda a trajetória do movimento, ou podem fazer um caminho rápido e linear se querem tirar a atenção do trajeto e rapidamente mudar a atenção do alvo para a posição final.

As bases neurocientíficas dessas manobras são desconhecidas, mas nosso colaborador Apollo Robbins, batedor de carteiras profissional, ressaltou que dois tipos de movimentos são essenciais para desviar a atenção do alvo de modo eficaz. Assim foram propostas diversas explicações possíveis e passíveis de teste.

Uma proposta é que os movimentos curvos e retos da mão ativam dois sistemas de controle distintos no cérebro para mover os olhos. O sistema “de busca” controla os olhos quando eles seguem objetos que se movimentam suavemente, enquanto o sistema “sacádico” controla os olhos por meio do sistema de busca do alvo, e os movimentos rápidos e retilíneos podem levar o sistema rápido dos olhos a assumir o controle.

Assim, se o sistema de busca do alvo é fixado na trajetória curva da mão do batedor de carteiras, o centro da visão do alvo pode ser desviado do lugar onde se esconde o ladrão. E se os movimentos rápidos e retilíneos ativam o sistema sacádico do alvo, o batedor tem a vantagem de a visão do alvo ser suprimida enquanto o olho salta de um ponto ao outro. (O fenômeno é bem conhecido nas ciências da visão como supressão sacádica.)

Outra explicação possível para os deslocamentos distintos das mãos é que os movimentos curvos podem ser perceptivelmente mais visíveis que os lineares, e por isso chamam mais a atenção. Se for verdade, somente o sistema de atenção do cérebro – e não qualquer sistema de controle para os movimentos dos olhos – é afetado pelo desvio de atenção manual do batedor de carteiras.

Nossos estudos anteriores mostram que as curvas e os cantos dos objetos são mais salientes e geram uma atividade cerebral mais intensa que extremidades retas. É possível que isso se deva ao fato de curvas e cantos acentuados serem menos previsíveis e redundantes (e, portanto, mais curiosos e informativos) que extremidades retas. Pelo mesmo padrão, trajetórias curvas são menos redundantes, e por isso mais salientes que as retilíneas.

[A ARTE DE BATER CARTEIRA]

DESPISTE MULTISSENSORIAL

Apollo Robbins (*direita*), que se descreve como ladrão profissional, demonstra que despistar o “alvo” para que olhe em uma direção impede que o alvo preste atenção em seus objetos de valor. Robbins confia na manipulação pelo toque, no espaço do próprio alvo e na visão despistada. Um vídeo impressionante de Robbins retirando de modo surpreendente o relógio de pulso de outro homem pode ser visto em <http://tinyurl.com/6lhxy8>



COMO O CÉREBRO LIDA COM O "IMPOSSÍVEL"

Durante um experimento, vídeos de truques de mágica que parecem retratar relações causais impossíveis, como fazer uma bola desaparecer (*primeira fileira de fotos*) foram exibidos para alguns sujeitos, enquanto eram submetidos a ressonância magnética cerebral. Um grupo de

controle viu vídeos bem parecidos, com a exceção de que nenhum truque de mágica foi usado (*fileira de baixo*). As áreas demarcadas do cérebro (*direita*) mostram onde a atividade neural adicional aconteceu quando os sujeitos viam os vídeos de mágica em vez dos vídeos de controle.



As possibilidades de usar a mágica como fonte de ilusão cognitiva no isolamento de circuitos neurais responsáveis por funções cognitivas específicas parecem intermináveis.

Consciência no Cérebro Condicionado

Neurocientistas recentemente se apropriaram de uma técnica da mágica que faz com que voluntários associem dois eventos como causa e efeito enquanto imagens de seu cérebro eram gravadas. Quando o evento A precede o evento B, geralmente concluímos que, de um jeito certo ou errado, A causa B. O

mágico habilidoso aproveita-se dessa predisposição ao certificar-se de que o evento A (digamos, derramar água em uma bola) sempre precede o evento B (a bola desaparecer). Na verdade, A não causa B, mas sua aparência anterior ajuda o mágico a fazer com que seja dessa forma. Psicólogos cognitivos chamam esse tipo de efeito de correlação ilusória.

Em um estudo feito em 2006 por Kuhn e pelos neurocientistas cognitivos Bem A. Parris e Tim L. Hodgson, ambos da University of Exeter, na Inglaterra, foram exibidos vídeos de truques de mágica que envolviam violações aparentes de causa e efeito para sujeitos submetidos a ressonância magnética. As imagens do cérebro dessas pessoas foram comparadas com as de um grupo de controle: pessoas que assistiram a vídeos sem violação de causa aparente. Os pesquisadores descobriram uma ativação maior no córtex cingulado anterior entre os sujeitos que assistiram truques de mágica que entre os controles. A descoberta sugere que essa área do cérebro pode ser importante para interpretar as relações causais.

O trabalho de Kuhn e de seus colegas só dá os primeiros indícios do poder das técnicas de mágica para manipular a atenção e a consciência durante o estudo da psicologia cerebral. Se os cientistas aprenderem a usar os métodos da mágica com a mesma habilidade dos mágicos profissionais, também serão capazes de controlar a consciência de modo preciso e em tempo real. Se relacionarem o conteúdo dessa consciência com o funcionamento dos neurônios, terão os meios para explorar alguns mistérios da própria consciência.

PARA CONHECER MAIS

Failure to detect mismatches between intention and outcome in a simple decision task. Petter Johansson, Lars Hall, Sverker Sikström e Andreas Olsson, em *Science*, vol. 310, págs. 116-119, 7 de outubro, 2005.

Attention and awareness in stage magic: turning tricks into research. Stephen L. Macknik, Mac King, James Randi, Apollo Robbins, Teller, John Thompson e Susana Martinez-Conde, em *Nature Reviews Neuroscience*. Publicado previamente on-line; 30 de julho, 2008.

Microsaccades drive illusory motion in the enigma illusion. Xoana G. Troncoso, Stephen L. Macknik, Jorge Otero-Millian, Susana Martinez-Conde, em *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 105, nº 41, págs. 16033-16038, 14 de outubro, 2008.

Para vídeos dos mágicos mais importantes se apresentando no 2007 Magic of Consciousness Symposium, visite www.mindscience.org/magicsymposium

Nós Lemos Sua Mente



Retiramos sua carta!

Adivinhamos a carta que você escolheu na pág. 59? Se sim, o sistema PES de Pickover explica nossa resposta correta, ou há alguma explicação parecida? Não siga adiante a não ser que queira saber a resposta.

Desistiu? Olhe mais uma vez as cartas na pág. 59,

mas uma olhada

depois compare-as com as cinco cartas deste quadro. Percebeu alguma diferença? Se o ato de circular um olho distraiu você, fazendo com que fosse enganado pelo truque (a maioria das pessoas é enganada), você é uma vítima do que os psicólogos chamam de cegueira para a mudança. Uma mudança — mesmo grande e óbvia — pode ser tudo menos invisível quando damos mais uma olhada.

ENGENHO E ARTE

NO DESENVOLVIMENTO DE ASAS

Descobertas fósseis e genéticas elucidam a evolução dos morcegos, além de solucionar um antigo debate sobre as origens do voo e da ecolocalização

POR NANCY B. SIMMONS

Observe o céu ao entardecer de um dia de verão e poderá vislumbrar um dos espetáculos da evolução: os morcegos. Com representantes em todos os continentes, exceto na Antártida, eles são extraordinariamente diversos, representando uma entre cada cinco espécies vivas de mamíferos atualmente. A explicação para o destaque dado aos morcegos está, é claro, na capacidade que eles têm de voar e que permite a exploração de recursos inacessíveis a outros mamíferos. Mas o merecido destaque atribuído aos morcegos dificilmente chegará a uma conclusão predeterminada: nenhum outro mamífero conquistou o ar. De fato, como exatamente esses conquistadores do céu noturno surgiram a partir de ancestrais terrestres é uma pergunta que fascina os biólogos há décadas.

As respostas demoraram a surgir. Mas, no início do ano passado, meus colegas e eu descobrimos dois fósseis de uma espécie até então desconhecida de morcego que trazem pistas vitais para essa transformação misteriosa. Oriunda do Wyoming, a espécie — chamada *Onychonycteris finneyi* — é o morcego mais primitivo já descoberto. Esses fósseis e outros, somados aos resultados de análises genéticas recentes, levaram a uma nova compreensão sobre a origem e evolução dos morcegos.

Voo Perfeito

Para avaliar a diversidade de morcegos, considere uma característica peculiar desses mamíferos: as asas. Alguns mamíferos como os esquilos voadores, podem planar de uma árvore a outra, graças a membranas que unem os membros anteriores e posteriores. Na verdade, os especialistas geralmente concordam que os morcegos provavelmente evo-

luíram de um ancestral planador, arbóreo. Mas entre os mamíferos, apenas os morcegos são capazes de voar como os pássaros, o que é um aspecto bem mais complexo que planar. Eles devem essa habilidade à estrutura de suas asas.

O esqueleto da asa do morcego é formado pelos ossos do antebraço e dos dedos extremamente alongados, que suportam e distendem as finas membranas elásticas das asas. As membranas se estendem para trás abrangendo os membros posteriores, que são bem menores que os dos mamíferos terrestres com corpo de dimensões comparáveis. Muitos morcegos também apresentam uma membrana posterior entre suas pernas traseiras. Um osso único, chamado esporão, projeta-se do calcanhar do morcego para apoiar a borda traseira dessa membrana. Ao mover os dedos, braços, pernas e esporões, os morcegos podem manobrar suas asas de inúmeras formas, o que os torna fantásticos voadores.

A maioria dos morcegos também utiliza a ecolocalização. Ao produzir sons agudos e analisar os ecos de retorno, esses animais noturnos conseguem detectar obstáculos e caçar de for-

VITÓRIA ALADA: morcegos dominam o céu noturno, graças à capacidade de voar.

CONCEITOS-CHAVE

- Morcegos são os únicos mamíferos capazes de voar. Por isso, os cientistas foram estimulados a descobrir como evoluíram a partir de seus ancestrais terrestres.
- Até recentemente, no entanto, os fósseis mais antigos de morcegos se pareciam basicamente com os morcegos modernos.
- Novos fósseis revelaram uma espécie que está ajudando na conexão entre os morcegos e seus antepassados não-voadores.
- Descobertas genéticas e de desenvolvimentos biológicos esclareceram ainda mais as origens do morcego, determinando seu lugar na árvore genealógica dos mamíferos e o possível processo de evolução das asas do morcego.

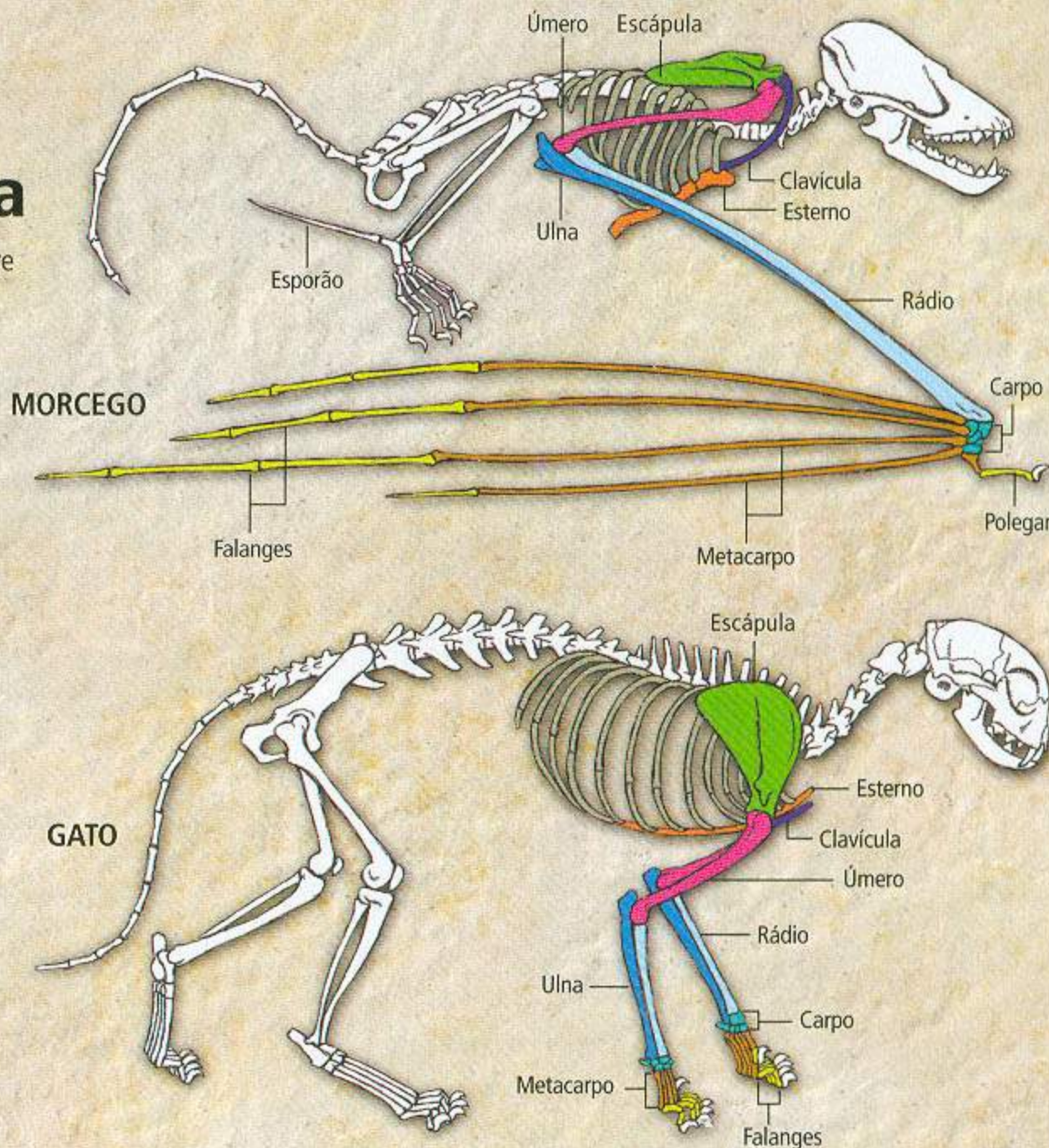
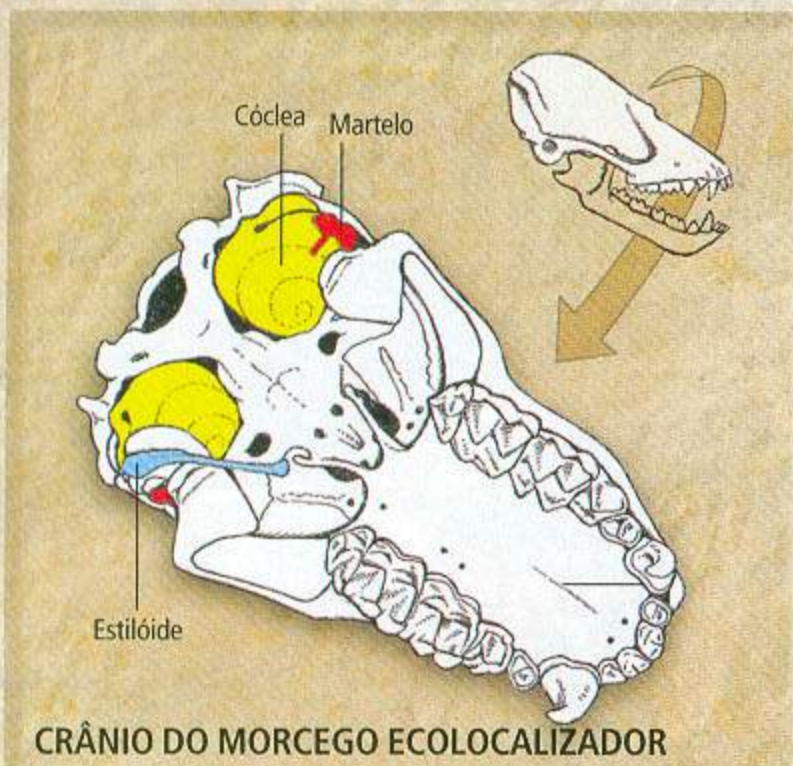
— Os editores





Reestruturação Mamífera

A origem dos morcegos a partir de mamíferos terrestres se inclui entre as maiores transformações da evolução. A maioria das modificações no esqueleto do morcego está relacionada ao voo (*ossos coloridos*). Mas três ossos na garganta e ouvido – especificamente o estilóide, martelo e cóclea – também mudaram, expandindo-se de forma, e permitiram a evolução da ecolocalização (*inserção*).



ma muito mais eficiente que se usassem apenas a visão. Mais de 85% das espécies vivas de morcegos usam ecolocalização para navegar. O restante pertence a uma única família – os morcegos frugívoros do Velho Mundo, às vezes chamados de raposas voadoras, que aparentemente perderam essa habilidade e, em substituição, dependem exclusivamente da visão e do olfato para encontrar frutas e flores para se alimentar.

Os morcegos com ecolocalização apresentam um conjunto distinto de características anatômicas, neurológicas e comportamentais que permite envio e recepção de sons de alta frequência. Três ossos no crânio sofreram modificação. O primeiro é o estilóide, um osso longo e fino que conecta a base do crânio a uma série de pequenos ossos – coletivamente chamados de aparato hióide – que apóiam os músculos da garganta e da laringe. Na maioria dos morcegos ecolocalizadores a ponta superior do estilóide estende-se para dentro de um tipo de nadadeira, que ajuda a fixar o aparato hióide no crânio.

Os outros dois ossos que ostentam a assinatura da ecolocalização estão no ouvido. Todos os mamíferos percebem o som por meio de um conjunto de ossos – conhecidos como ossículos do ouvido – responsáveis por transmitir o som entre o tímpano e o ouvido interno que contém um líquido. O martelo é o primeiro osso desse conjunto e, nos morcegos ecolocalizadores, tem uma projeção em forma de bulbo que ajuda a controlar a vibração sonora.

Os sons passam pelos ossículos auditivos e viajam até o ouvido interno, onde atravessam uma estrutura enrolada, cheia de líquido, conhecida como cóclea (“caracol” em latim), repleta de células nervosas especiais, responsáveis pela percepção do som. Em relação a outros mamíferos, os morcegos ecolocalizadores têm uma cóclea muito maior, se comparado a outras estruturas do crânio, o que os torna mais aptos a detectar sons de alta frequência, além de discriminar diferentes frequências.

O que Surgiu Primeiro?

A revelação, há mais de 60 anos, de que a maioria dos morcegos do mundo pode “ver através do som” deixou claro que a ecolocalização contribuiu significativamente para o grande sucesso evolucionista e para a grande diversidade de morcegos. Mas qual das duas adaptações mais importantes do morcego – voo e ecolocalização – surgiu primeiro e por que elas evoluíram? Até os anos 90, havia três teorias que competiam entre si.

A hipótese de “primeiro voar” defende que os ancestrais do morcego desenvolveram o voo como forma de melhorar a mobilidade e reduzir o tempo e a energia necessários na busca de alimentos. Nesse cenário, a ecolocalização se desenvolveu subsequente para facilitar aos primeiros morcegos a detecção e perseguição de presas que caçavam em voo.

Já o modelo de “primeiro ecolocalizar” propõe que protomorcegos planadores caçavam presas

[A AUTORA]



Nancy B. Simmons é presidente da divisão de zoologia vertebrada e curadora do Departamento de Mamiferologia do American Museum of Natural History, em Nova York. Sua pesquisa se concentra na compreensão da evolução e diversidade de morcegos. É especialista em anatomia de morcegos fósseis e vivos e realizou extenso trabalho de campo em florestas tropicais da América do Sul. Ela também trabalha com seqüências de DNA para desvendar as relações entre espécies de morcegos.

aéreas de seus poleiros em árvores usando a ecolocalização, que evoluiu para ajudá-los a perseguir suas presas a maiores distâncias. O voo evoluiu depois, para aumentar a movimentação e retornar ao poleiro de caça.

A hipótese do desenvolvimento em conjunto sugere que voo e ecolocalização evoluíram simultaneamente. Essa ideia baseia-se em evidência experimental para mostrar que, energeticamente, é muito dispendioso para os morcegos produzir chamados de ecolocalização quando estão parados. Durante o voo, entretanto, o custo é insignificante, porque a contração dos músculos de voo ajuda a bombear os pulmões, produzindo o fluxo de ar necessário para as vocalizações intensas, de alta frequência.

A única forma de testar essas hipóteses sobre as origens do voo e da ecolocalização é mapeando a distribuição de características relevantes – asas e cóclea ampliadas, por exemplo – na árvore genealógica desses animais para determinar o ponto em que evoluíram. Nos anos 90 não dispúnhamos de fósseis de morcegos que tivessem essas características e não outras.

Fósseis de morcegos são raros. Os morcegos antigos, como seus pares modernos, eram pequenos e frágeis e costumavam viver em habitats tropicais, onde a decomposição ocorre rapidamente. A única forma de obter um morcego fossilizado é se o animal, logo após a morte, foi rapidamente coberto por sedimento para evitar o ataque de necrófagos e microrganismos.

Até recentemente, o morcego mais velho e mais primitivo catalogado era o *Icaronycteris index*, de

52,5 milhões de anos, cujo nome homenageia o mitológico Ícaro grego, que voou perto demais do Sol. O *Icaronycteris* foi descoberto nos anos 60 em depósitos de um lago na conhecida formação geológica de Green River, no Wyoming, onde xisto limoso de grãos finos e rochas de calcário formaram um arquivo perfeitamente preservado de peixes, plantas, mamíferos, insetos, crocodilos e aves.

Nas quatro décadas seguintes à sua descoberta o *Icaronycteris* foi a base para a compreensão do primeiro estágio da evolução do morcego. Mas, ironicamente, talvez o elemento mais notável a respeito do *Icaronycteris* é apenas quanto esse animal antigo lembra os morcegos existentes. A forma de seus dentes indica que ele consumia insetos, como a maioria dos morcegos atuais. As proporções de seus membros são igualmente modernas, com dedos longos e finos, antebraços alongados e patas traseiras diminutas. As escápulas (lâminas dos ombros), esterno e caixa torácica do animal também atestam uma capacidade plenamente desenvolvida de voar. Esse animal também tinha a anatomia necessária para a ecolocalização.

Se ainda vivesse seria difícil distinguir o *Icaronycteris* de outros morcegos. Sua característica mais peculiar é uma garra minúscula no dedo indicador (daí o nome da espécie, *index*). A maioria dos morcegos mantém a garra somente no polegar. Com o tempo, as pontas dos outros quatro dedos foram reduzidas a finas hastes flexíveis ou saliências completamente cobertas pela membrana da asa. A garra indicadora do *Icaronycteris* parece ser remanescente de um ancestral terrestre.

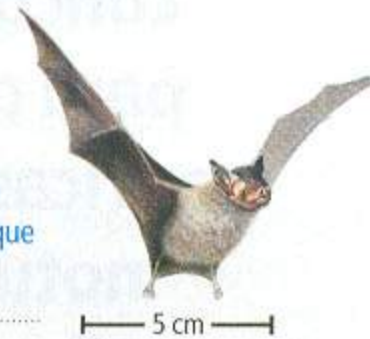
Preenchendo a Lacuna

Olhando para trás podemos ver que o *Icaronycteris* nunca foi o que se pode chamar de um “elo perdido”. Mas outro morcego fóssil da formação de Green River se encaixaria bem nessa descrição. Trata-se do *Onychonycteris*. Os dois espécimes conhecidos, escavados por colecionadores particulares na última década, e posteriormente cedidos para estudo científico, foram descobertos na mesma camada de rocha em que o *Icaronycteris* foi encontrado e, portanto, é considerado de idade comparável. O *Onychonycteris*, entretanto, tem uma combinação de características modernas e antigas que o tornam exatamente o tipo de animal de transição, que os biólogos evolucionistas tanto buscam.

Fui privilegiado em liderar a equipe que descreveu e batizou o *O. finneyi*. Escolhemos o gênero *Onychonycteris* (“morcego com garra”) porque o fóssil exhibe garras nos cinco dedos, assim como seus

ASPECTOS EXTREMOS DOS MORCEGOS

O MENOR
Craseonycteris thonglongyai, o morcego focinho de porco, pesa menos que uma moeda.



O MAIOR
Pteropus vampyrus, a grande raposa voadora, tem envergadura de asa de quase dois metros.



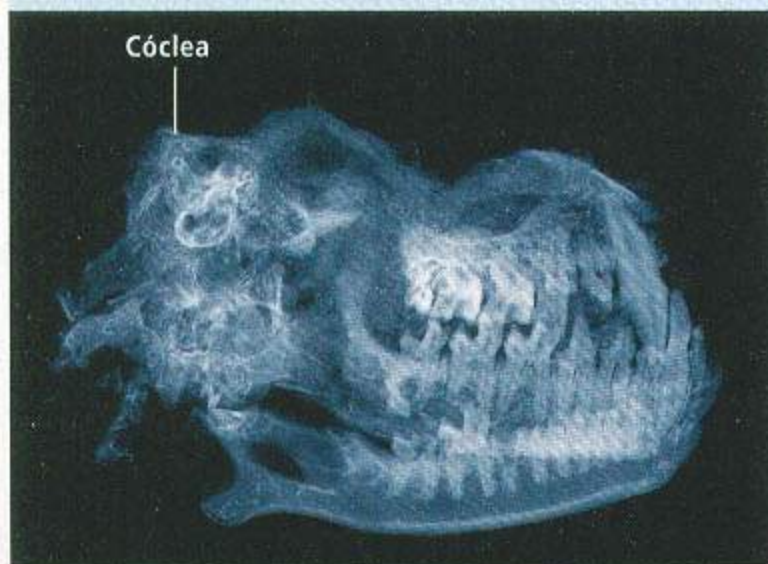
O MAIS BARULHENTO
Noctilio leporinus, o morcego-pescador comum, emite um som de alta frequência que pode ter mais de 140 decibéis – 100 vezes mais alto que um concerto de rock.

O MAIS GREGÁRIO
Tadarida brasiliensis, o morcego comum nas Américas, vive em colônias formadas por milhões de indivíduos. A caverna Bracken, nos arredores de Austin, Texas, abriga 20 milhões dessas criaturas – a maior colônia conhecida.

A LÍNGUA MAIS COMPRIDA
Com 8,5 cm, a língua do *Anoura fistulata* (ou morcego linguarudo) representa 150% do comprimento do seu corpo. Esse morcego se alimenta do néctar de uma flor tubular chamada *Centropogon nigricans* e é seu único polinizador conhecido.



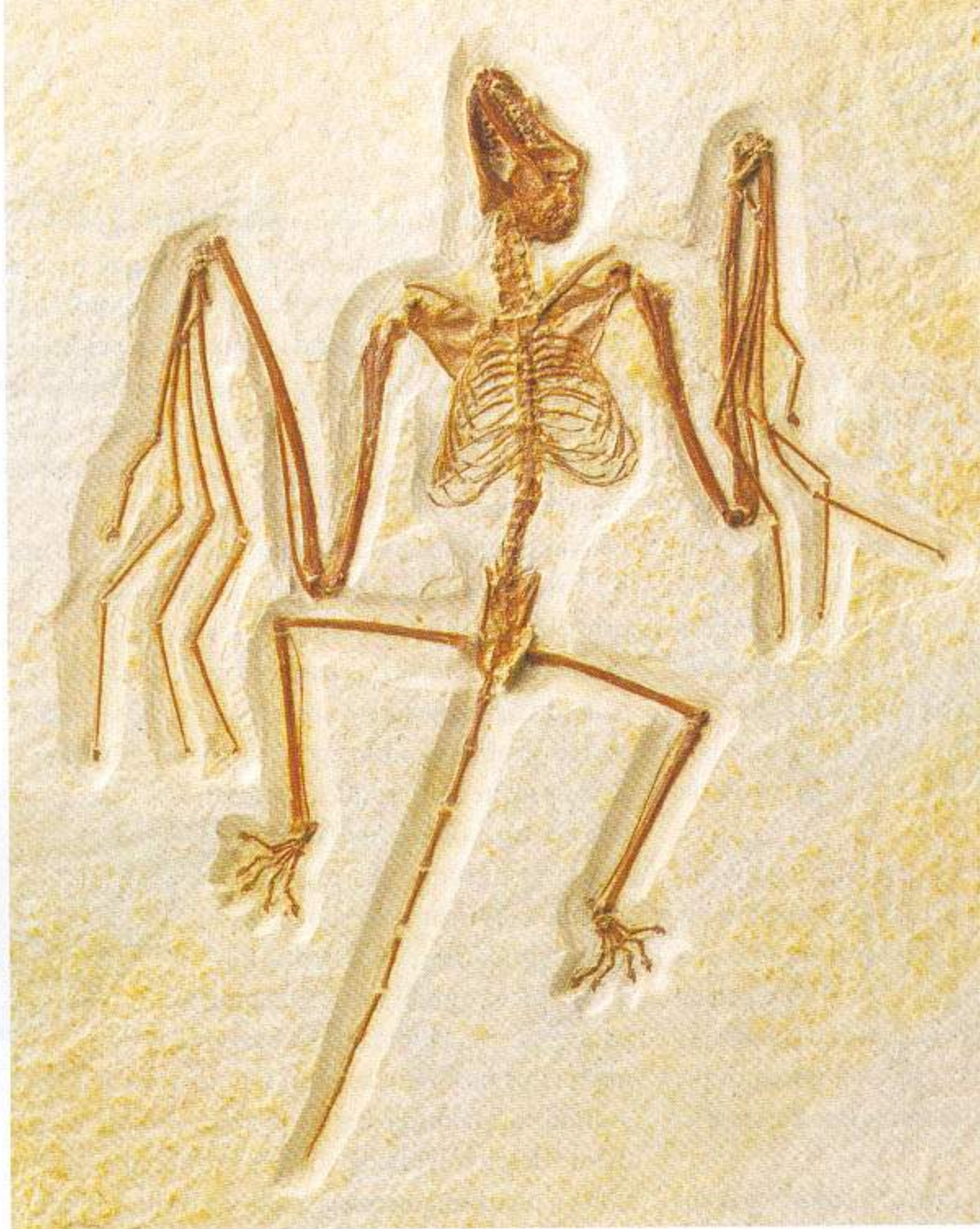
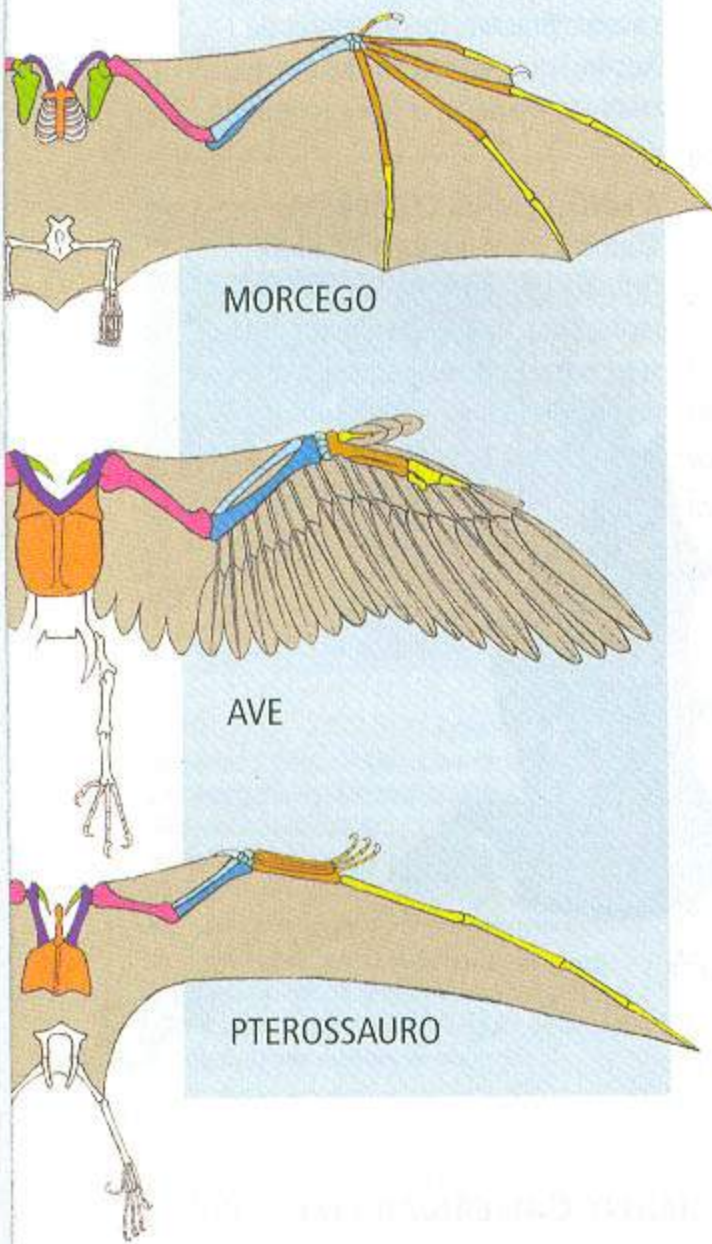
VISÃO INTERNA DO CRÂNIO do morcego fóssil
Hassianycteris, obtida por raios X de alta resolução, mostra que um osso do ouvido conhecido como cóclea é ampliada – uma indicação de que o animal é dotado de ecolocalização. Os pesquisadores discutem se os morcegos desenvolveram a ecolocalização antes ou depois do voo. Mas como o *Hassianycteris*, todos os fósseis conhecidos de morcego antes de 2008 possuíam evidências das duas capacidades.



Morcegos tinham poucos concorrentes para disputar as ricas fontes noturnas de alimento do Eoceno

VOADORES FREQUENTES

Entre os vertebrados, o voo se desenvolveu de forma independente em três linhagens diferentes: morcegos, aves e os pterossauros. Apesar de superficialmente semelhantes, as asas dos animais apresentam estruturas distintas. Nos morcegos o antebraço alongado e o segundo e quinto dedo formam uma armação primária para a asa. Já as asas das aves têm como suporte principal os ossos do antebraço e da mão. As asas do pterossauro se apoiam basicamente nos ossos da mão e do quarto dedo.



ELO PERDIDO: o recém-descoberto *Onychonycteris finneyi* – o mais antigo morcego registrado – preenche a lacuna entre os morcegos modernos e os mamíferos terrestres. Características como os dedos enormemente alongados e a forma da caixa torácica e do ombro indicam que era capaz de voar. Mas ele mantém membros posteriores relativamente longos e garras nos cinco dedos – resquícios de um ancestral terrestre. O *Onychonycteris* também não mostra características que indicam a ecolocalização, revelando que o voo evoluiu antes.

antepassados terrestres. A presença dessas garras não é a única característica do *Onychonycteris* que lembra a dos mamíferos não-voadores. A maioria dos morcegos tem antebraços muito longos e minúsculos membros posteriores. O *Onychonycteris*, entretanto, tem antebraços proporcionalmente mais curtos e membros posteriores proporcionalmente mais longos que outros morcegos. Quando comparadas a outros mamíferos, as proporções dos membros do *Onychonycteris* são intermediárias entre as de morcegos que já se conhecia (incluindo o *Icaronycteris*) e as de mamíferos arbóreos que dependem bastante dos membros dianteiros para locomoção, como as preguiças e os gibões. Ao escalar árvores esses animais permanecem bastante tempo pendurados em galhos. Talvez os morcegos tenham evoluído de ancestrais arbóreos que tiveram uma forma semelhante de locomoção.

Apesar dessas características dos membros de animais primitivos, outros aspectos da anatomia do *Onychonycteris* indicam que ele era capaz de voar. Os dedos longos serviam de suporte para as membranas das asas, e as clavículas resistentes ajudavam a fixar os membros anteriores ao corpo. Paralelamente, uma grande caixa torácica e esterno inclinado serviam de suporte para grandes músculos de voo e uma omoplata facetada sustentava outros músculos especializados, relacionados ao voo.

As proporções dos ossos dos braços e dedos do

Onychonycteris foram pistas adicionais que revelaram como ele voava. Essas pistas indicaram que as asas do animal tinham uma baixa relação entre largura e altura e pontas relativamente pequenas. Entre os morcegos vivos, apenas os morcegos de cauda de rato têm asas como essas: curtas e largas. Esses animais têm um estilo de voo incomum, composto por breves vôos planados intercalados por períodos de batimento acelerado de asas. Temos quase certeza de que o *Onychonycteris* voava da mesma forma. Pode ser que esse estilo de voo tenha sido o modo tradicional de transição entre o voo planado dos morcegos ancestrais e o voo com bater contínuo de asas observado na maioria dos morcegos modernos.

Além de esclarecer como os primeiros morcegos voavam o *Onychonycteris* apresenta algumas evidências que os pesquisadores procuram há muito tempo para tentar esclarecer as dúvidas que cercam o aparecimento do voo e da ecolocalização. Diferente de outros morcegos conhecidos anteriores ao Eoceno – período que se estende de 55,8 milhões a 33,5 milhões de anos – o *Onychonycteris* parece não ter os três ossos relacionados à ecolocalização. Ele exibe uma pequena cóclea e uma protuberância relativamente reduzida no martelo, e seu estilóide não tem extremidade expandida. Mas a estrutura dos membros e tórax são indícios claros de que ele podia voar. O *Onychonycteris*, portanto, parece representar um estágio na evolu-

Inserção nas Espécies

Os biólogos acreditavam que os morcegos estavam relacionados ao grupo de pequenos mamíferos insetívoros que incluem os musaranhos e seus parentes, ou ao dos primatas e sua família – entre eles os colugos. Análises genéticas recentes mostraram que os morcegos pertencem ao grupo de mamíferos conhecido como *Laurasiatheria* (caixa cinza), que abrange animais como cães, baleias, vacas e alguns insetívoros. Apesar de os musaranhos serem membros desse grupo, os morcegos não estão mais ligados a eles que aos outros representantes vivos. Os parentes mais próximos dos morcegos podem ser os laurasiatérios, cujas linhagens estão extintas. Para esclarecer essa dúvida, os pesquisadores precisam encontrar fósseis ainda mais próximos da origem dos morcegos que o *Onychonycteris*.

ção do morcego primitivo, após o voo ter sido assumido, mas antes da evolução da ecolocalização. O registro fóssil finalmente nos dá uma resposta: primeiro, voo; depois, ecolocalização.

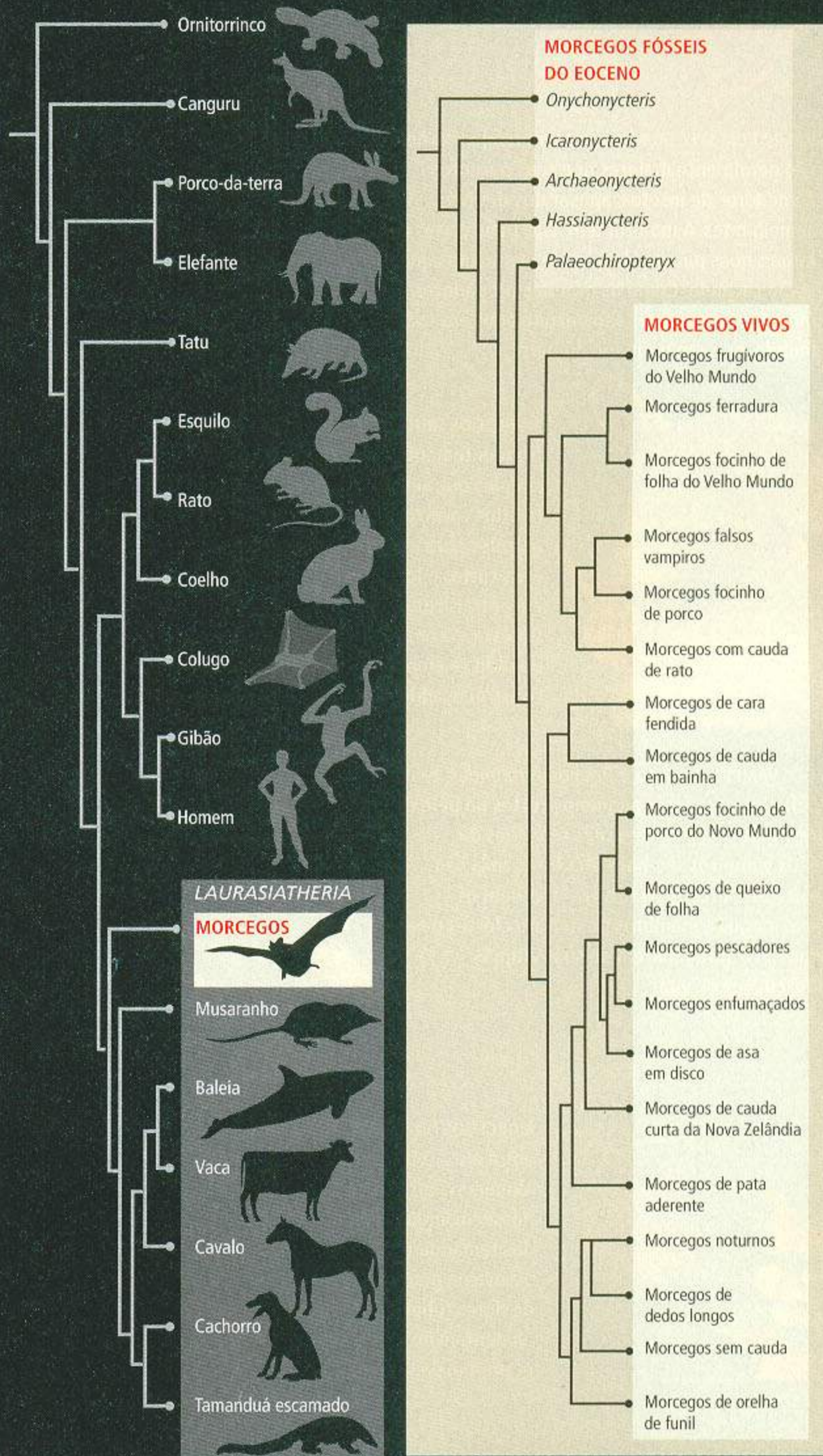
Diversidade Antiga

O surgimento dessas duas características – voo e ecolocalização – abre caminho para uma fascinante distribuição adaptativa de morcegos. Sabe-se que esses rápidos períodos de diversificação ocorreram após uma adaptação inovadora. Os morcegos estão classificados em 19 famílias; o registro fóssil de morcegos inclui mais sete famílias. Estudos de seqüências de DNA de múltiplos genes, em bases temporais, indicam que 26 grupos já estavam separados no final do Eoceno. Essa explosão de diversificação é inédita na história dos mamíferos.

O voo e a ecolocalização certamente não foram os únicos fatores que contribuíram para essa distribuição. A origem das grandes linhagens de morcegos coincide aparentemente com a elevação da temperatura média anual, um aumento significativo na diversidade de plantas e um pico na diversidade de insetos. De besouros de voo rápido a mariposas, de baratas a minúsculas traças voadoras, um predador aéreo poderia dispor de um verdadeiro banquete de insetos para se alimentar. Na condição de únicos predadores aéreos noturnos, além das corujas e curiangos, os morcegos teriam poucos concorrentes nas ricas fontes de alimento noturno do Eoceno.

Fósseis de um sítio chamado Messel, na Alemanha, dão uma idéia dessa diversificação ancestral. Apesar de esses fósseis – com 47 milhões de anos – serem apenas ligeiramente mais jovens que os morcegos da formação de Green River, sua variedade é consideravelmente maior. Sete espécies de morcego foram encontradas em Messel desde que as escavações foram iniciadas, nos anos 70, incluindo duas espécies de *Archaeonycteris*, duas espécies de *Palaeochiropteryx*, duas espécies de *Hassianycteris* e *Tachypteron franzeni*, o mais antigo membro conhecido de uma família de morcegos conhecida como embalomerídeos (morcegos de cauda em bainha), que vive até hoje.

Não é difícil entender por que os morcegos prosperaram em Messel. Durante o Eoceno, o clima teria sido ameno, com lagos cercados por rica floresta subtropical. A julgar pela abundância de restos fossilizados, milhares de insetos aéreos, aquáticos e terrestres estavam disponíveis como alimento. Foi exatamente isso que os morcegos de Messel fizeram. As sete espécies eram insetívoras, mas cada uma, especializada em um subconjunto particular de insetos, como aponta o conteúdo preservado de seus estômagos. Enquanto o *Palaeochiropteryx*



[DIVERSIDADE DE TIPOS]

As Múltiplas Faces dos Morcegos

Os morcegos modernos formam um grupo diversificado, com enorme variedade de tamanho, formato das asas, forma do crânio e dentição. Essas diferenças morfológicas refletem suas dietas diferentes e a natureza dos ambientes onde se alimentam.



MORCEGOS INSETÍVOROS, como representados pelo *Eptesicus fuscus*, tendem a ter focinho longo e dentes com pontas afiadas para perfurar e cortar suas presas. Com asas moderadamente longas e largas, seu voo é forte e ágil.

VAMPYRUM SPECTRUM e outros morcegos carnívoros são geralmente maiores que seus parentes comedores de insetos, apesar dos dentes semelhantes. A maioria tem asas mais curtas e largas, boas para se desviar de obstáculos quando estão caçando. Como os grandes predadores, morcegos carnívoros são encontrados em todo o mundo, mas em pequeno número.



MORCEGOS FRUGÍVOROS, incluindo o *Ectophylla alba*, frequentemente têm rosto mais curto e molares mais simples que seus parentes que consumidores com hábitos carnívoros e insetívoros. Mas eles têm caninos grandes para agarrar as frutas. Com corpo pequeno e asas curtas e largas, o *Ectophylla* é especialista em encontrar frutas pequenas na vegetação rasteira da floresta. A cor pálida deste morcego pode camuflá-lo quando se empoleira em tendas de folhas que o animal constrói usando seus dentes frontais.

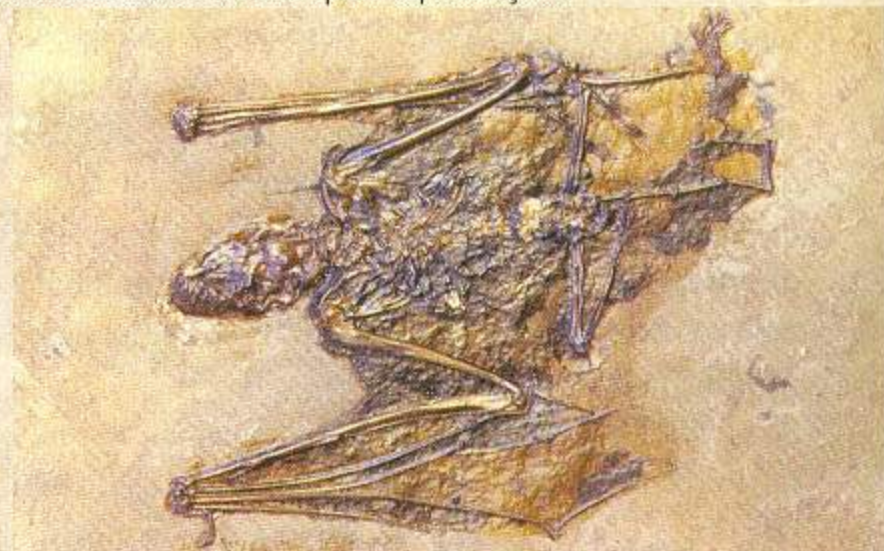
MORCEGOS VAMPIROS, como o *Desmodus rotundus*, têm dentes afiados para fazer pequenos cortes na pele de suas presas, de onde retiram suas refeições de sangue. Os vampiros são bons voadores, mas são raros entre os morcegos por terem também os polegares longos e membros posteriores fortes que os ajudam a se aproximarem de suas vítimas andando, em vez de voar.



MORCEGOS QUE VIVEM de néctar – *Glossophaga soricina* entre eles – têm dentes mais simples e focinho alongado que podem se ajustar às flores. Muitos possuem línguas longas e extensíveis semelhantes às dos tamanduás. Alguns também têm papilas como escova na ponta da língua para extrair néctar da base de flores tubulares. Muitos morcegos que se alimentam de néctar têm asas curtas e fortes que lhes permitem pairar no ar.

A evidente diversidade dos morcegos modernos tem raízes antigas. Fósseis de um sítio chamado Messel, na região central da Alemanha (mapa à direita), revelam que, há 47 milhões de anos, morcegos já tinham começado a se especializar em certos tipos de insetos como presa. Os fósseis em Messel preservam o conteúdo do estômago dessas criaturas, não deixando dúvida sobre o que comiam. Não se sabe tão bem onde procuravam alimento, mas o tamanho e forma de suas asas servem de base para especulações.

ALEMANHA
Messel



O PALAEOCHIROPTERYX se alimentava de pequenas traças e mariposas. Com seu corpo pequeno e asas curtas, esse morcego provavelmente procurava alimento junto ao solo e perto da vegetação, caçando a partir de poleiros e abocanhando insetos em voo lento.



O ARCHAEONYCTERIS preferia besouros. Como o *Paleochiropteryx*, este morcego de asas curtas provavelmente procurava alimento perto da vegetação. Mas ele pode ter se especializado em coletar presas na superfície em vez de apanhá-las no ar.



O HASSIANYCTERIS comia grandes traças e besouros. O maior morcego de Messel, tinha asas estreitas e provavelmente voava muito rápido. Caçava em espaços abertos próximos de lagos e acima da copa das árvores.

aparentemente se alimentava de pequenas traças e mariposas, o *Hassianycteris* preferia traças e besouros maiores. O *Archaeonycteris* devia comer somente besouros. Quanto ao *Tachypteron*, nenhum conteúdo estomacal foi preservado. Mas sabemos que era insetívoro, pela forma de seus dentes.

De que se alimentavam o *Onychonycteris* e o *Icaronycteris*? Não dispomos do conteúdo do estômago para responder a essa pergunta em detalhes. Mas insetos seria uma boa sugestão, pela forma dos dentes dos morcegos e pela abundância de fósseis de insetos nas rochas da formação de Green River. A maioria dos morcegos atuais também se alimenta de insetos. Apenas posteriormente na história evolutiva do grupo é que alguns morcegos começaram a se alimentar de carne, peixes, frutas, néctar, pólen e até sangue.

Relacionamento entre Morcegos

Fósseis recuperados, distantes de Messel e da formação de Green River, foram extremamente úteis para os pesquisadores acompanharem a evolução dos morcegos. Ainda assim não dispomos de fósseis que expliquem como os morcegos estão relacionados a outros mamíferos. Animais arborícolas, placentários e planadores, conhecidos como colugos são bastante semelhantes aos morcegos a ponto de serem declaradamente considerados parentes próximos. Entretanto, ao longo dos últimos 14 anos, pesquisadores da University of California, em Riverside, entre eles Mark S. Springer, realizaram estudos de DNA em um grande número de espécies de mamíferos. Seus resultados mostraram que os morcegos não são aparentados, proximamente, de nenhum grupo de mamíferos placentários que incluem planadores como colugos e esquilos voadores. Essas criaturas, no entanto, representam modelos atraentes para aquilo com que a estrutura dos membros de morcegos ancestrais podia se parecer.

As análises genéticas, no entanto, colocam os morcegos definitivamente em uma linhagem primitiva conhecida como *Laurasiatheria*. Outros membros modernos desse grupo incluem animais diversos como carnívoros, mamíferos com casco, baleias, tamanduás escamados, musaranhos, ouriços e toupeiras. Os laurasiatérios primitivos, entretanto, provavelmente eram criaturas do porte de camundongos ou esquilos que andavam sobre as quatro patas e comiam insetos. Acredita-se que os laurasiatérios evoluíram do antigo supercontinente da Laurásia, que corresponde ao que atualmente é a América do Norte, Europa e Ásia, provavelmente no final do Cretáceo, há cerca de 70 milhões a 65 milhões de anos. A posição exata dos morcegos nesse grupo é incerta, mas certamente uma quantidade considerável de

mudanças evolutivas separa o *Onychonycteris* e outros morcegos de seus antepassados terrestres.

Parte dessa mudança, de criatura terrestre para voadora, pode ter ocorrido de forma surpreendentemente rápida. Ao menos é o que sugerem descobertas no campo da genética de desenvolvimento. Embora curtos para os padrões de morcegos, os dedos do *Onychonycteris* são muito alongados em comparação aos dedos de outros mamíferos. Durante quanto tempo esse alongamento evoluiu?

Em 2006, Karen Sears, atualmente na University of Illinois, e seus colegas relataram na *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* que a explicação pode estar na atividade de genes que controlam o crescimento e alongamento dos dedos na mão durante o desenvolvimento. Uma comparação entre padrões de crescimento de embriões de morcego e camundongo revelou diferenças significativas na proliferação e velocidade de maturação das células de cartilagem nos dedos em crescimento. Uma classe de proteínas chamada proteínas morfogenéticas ósseas (BMPs, em inglês) exerce um papel preponderante no controle desses processos e na definição do comprimento de cada dedo. Além disso, uma dessas proteínas, a BMP2, é produzida em níveis significativamente maiores nos dedos de morcegos que nos de camundongos, e a manipulação do gene que produz essa proteína pode alterar o comprimento do dedo. Portanto, é possível que uma pequena mudança nos genes que regulam as BMPs esteja por trás do alongamento ocorrido durante o desenvolvimento e a evolução dos dedos das asas do morcego. Se essa hipótese se confirmar poderá explicar a ausência no registro fóssil de criaturas intermediárias entre mamíferos de dedos curtos, não voadores, e morcegos de dedos longos como o *Onychonycteris* e *Icaronycteris*: a mudança evolutiva pode ter sido muito rápida, sem ter havido transição.

Apesar das novas descobertas sobre a evolução dos morcegos, vários mistérios ainda persistem. Ancestrais dos morcegos devem ter existido antes do Eoceno, mas não dispomos de registros fósseis que comprovem essa hipótese. Da mesma forma, a identidade dos parentes mais próximos dos morcegos ainda é desconhecida. Os investigadores estão impacientes para descobrir quando a linhagem do morcego divergiu de outros laurasiatérios, e quando ocorreu a evolução e diversificação dos primeiros morcegos nos continentes do norte e nos continentes do sul. Precisamos, portanto, encontrar fósseis que estejam mais próximos da origem dos morcegos que o *Onychonycteris*. Se tiverem sorte, os paleontólogos encontrarão esses espécimes. E eles ajudarão a resolver esses e outros enigmas sobre a origem dessas criaturas fascinantes. ■

Parte da mudança de habitante terrestre para voador pode ter ocorrido muito rapidamente

➔ PARA CONHECER MAIS

Bats in question: the Smithsonian answer book. Donald E. Wilson. Smithsonian Books, 1997.

The biology of bats. Gerhard Neuweiler. Oxford University Press, 2000.

A molecular phylogeny for bats illuminates biogeography and the fossil record. Emma C. Teeling *et al.* em *Science*, vol. 307, págs. 580-584; 28 de janeiro de 2005.

Development of bat flight: morphologic and molecular evolution of bat wing digits. Karen E. Sears, Richard R. Behringer, John J. Rasweiler e Lee A. Niswander em *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 103, nº 17, págs. 6581-6586; 25 de abril de 2006.

Primitive early eocene bat from Wyoming and the evolution of flight and echolocation. Nancy B. Simmons, Kevin L. Seymour, Jörg Habersetzer e Gregg F. Gunnell, em *Nature*, vol. 451, págs. 818-821; 14 de fevereiro de 2008.

Animal Diversity Web: Ordem Chiroptera. <http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Chiroptera.html>

A GERAÇÃO DE AUTOMÓVEIS Anticolisão

A próxima geração de tecnologia de segurança veicular deverá produzir veículos que dificilmente irão colidir – e posteriormente poderão até dispensar motorista **Por Steven Ashley**

CONCEITOS-CHAVE

- Sistemas de segurança inteligentes em carros sofisticados estão cada vez mais substituindo o controle dos motoristas para evitar colisões ou, ao menos, reduzir os danos e fatalidades. Em poucos anos, carros serão dirigidos sem ação do motorista e praticamente sem provocar acidentes.
- Os chamados carros anticolisão resultarão das expectativas de segurança do consumidor, pressão do governo, estradas congestionadas, população envelhecida com perda de reflexos, e adoção de veículos leves, com estruturas menos resistentes a colisão.
- Engenheiros têm demonstrado a viabilidade de veículos robóticos. Em paralelo com os carros anticolisão, esse desenvolvimento significa que automóveis sem motorista podem não estar distantes.

– Os editores

A estrada vazia se estreita apontando para o horizonte, então por um momento espio o monitor eletrônico posicionado na parte inferior do console central. Interpreto rapidamente os números na tela e observo novamente pelo pára-brisa, mas não vejo nada. Uma densa fumaça cobriu a estrada e estou dirigindo às cegas. Antes que eu possa alcançar o pedal de freio, um alerta – uma luz de freio retangular vermelha – acende. Piso forte o pedal, praguejando em voz alta. Meu veículo faz uma parada repentina enquanto um carro emerge abruptamente, da escuridão à frente.

Antes que eu possa retomar o fôlego, luzes brilhantes espocam por todo lado, e risos soam inconvenientemente. De repente me lembro de que estou sentado no interior do Virtual Test Track Experiment (VIRTTEX) no laboratório de simulação de direção no Centro de Pesquisa e Inovação da Ford em Dearborn, Michigan. A grande abóbada do simulador permite aos especialistas conduzir testes de direção sob total segurança em condições real-virtuais altamente convincentes. Os risos no interfone são dos técnicos na sala de controle, divertindo-se com minha breve confusão.

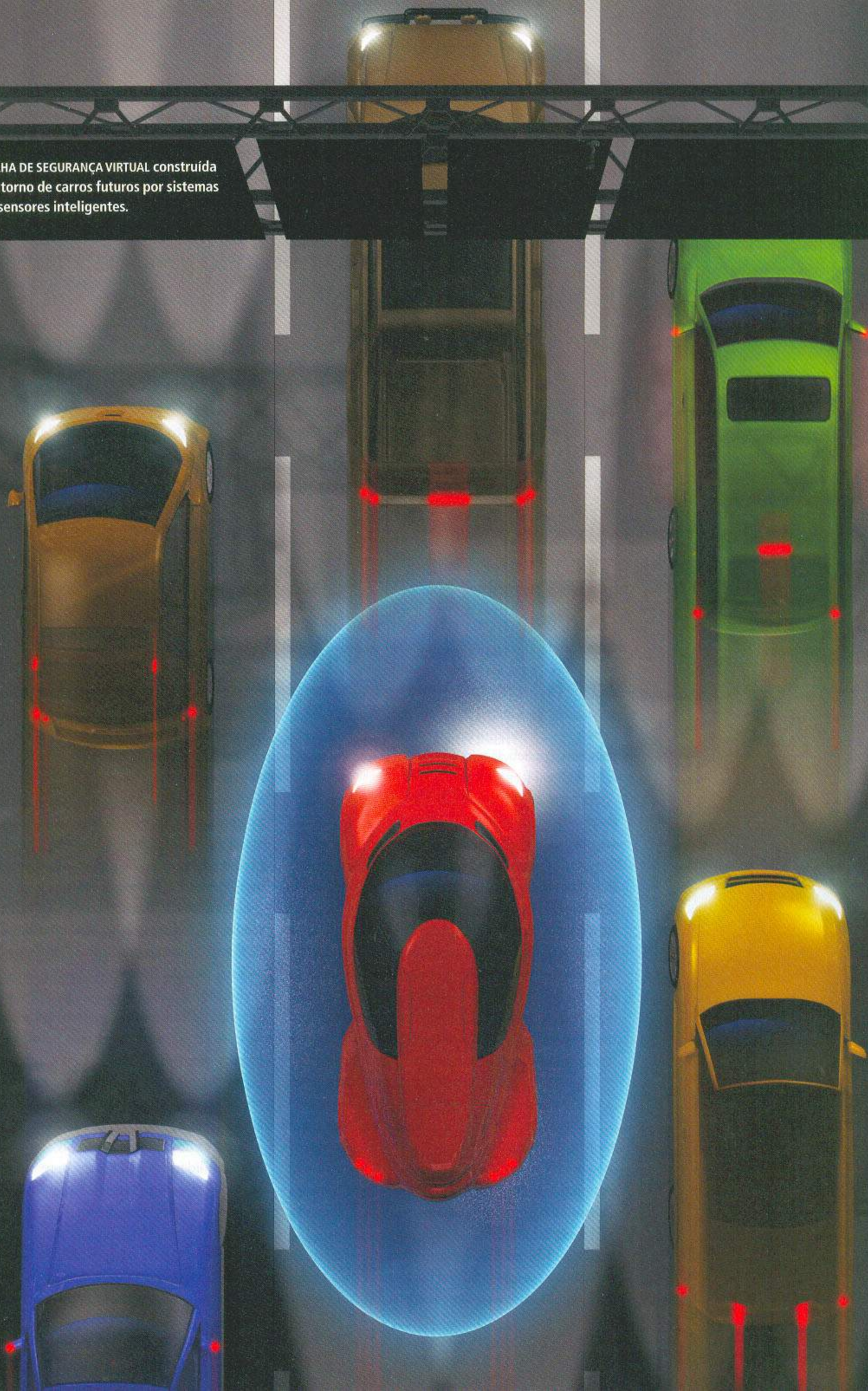
Nos últimos 15 minutos eles me expuseram as várias tarefas – cada uma programada para demonstrar os perigos de se distrair ao dirigir. Uma delas, a última, foi olhar para baixo, para o monitor central, ao ser solicitado, e ler em voz alta os números que apareciam nele sem perder o controle do veículo. Mas desviar o olhar da estrada não

mais que dois segundos duplica as chances de colisão, ou uma quase colisão.

Durante o relato para verificação dos resultados, Mike Blommer, diretor do laboratório, disse que o alarme que apareceu subitamente durante a última tarefa é um alerta visual gerado pela unidade de prevenção de colisão dianteira que equipa os automóveis Volvo. O sistema atua como um anjo da guarda eletrônico, monitorando com radares e câmaras o trânsito à frente, e sinalizando para o motorista quando detecta um perigo. A semelhança do aviso com o padrão de luz de freio vermelha não é coincidência. Ele explica que “os engenheiros escolhem este sinal em particular porque o seu significado é claramente intuitivo para qualquer motorista experiente. E mesmo que ele nunca tenha visto o alerta antes, sabe exatamente o que ele significa e executa a ação corretiva”.

Esse sistema é apenas um exemplo da última geração de avançados dispositivos de segurança concebidos para evitar acidentes de trânsito. Apesar de já estarem disponíveis em muitos modelos de carros mais sofisticados, essas tecnologias começaram a migrar para os veículos mais populares e caminhões. E a próxima geração de programas para evitar colisões deverá ser ainda mais efetiva, com previsão de acionar os freios automaticamente, sem qualquer reação do motorista. Esse e outros itens de segurança podem ser os precursores de uma nova era do automóvel, um estágio em que os donos dos carros se tornam incrivelmente receptivos à assistência automatizada nas estradas, mesmo que isso signifique

BOLHA DE SEGURANÇA VIRTUAL construída em torno de carros futuros por sistemas de sensores inteligentes.



TECNOLOGIA QUE SALVA VIDAS

O crescente uso de tecnologia de segurança em automóveis se mostra nas estradas americanas, de acordo com o relatório da NHTSA, "Traffic Safety Facts 2006."

- Colisões fatais tiveram redução de **1,7%** de 2005 a 2006.
- O índice de feridos por 160 milhões de quilômetros rodados diminuiu em **5,6%**, de 2005 a 2006.
- O índice de mortes por ocupantes de veículos (incluindo motociclistas) por 100 mil pessoas diminuiu em **4,3%**, de 1992 a 2006.
- O índice de feridos por ocupantes de veículos (incluindo motociclistas) por 100 mil pessoas caiu **27,8%**, de 1992 a 2006.
- O índice de mortes entre pedestres e ciclistas por 100 mil pessoas caiu **51,9%**, entre 1975 e 2006.

abrir mão de alguns de seus sentimentos tradicionais de controle do veículo. Em algumas décadas, prevêem os especialistas, muitos carros avançados serão capazes de evitar a maioria das colisões. Em algum momento, na verdade, eles poderão dispensar a necessidade de motoristas.

Tendências de Segurança

A motivação principal para essas inovações é bem clara. De acordo com a National Highway and Traffic Safety Administration (NHTSA) americana, aproximadamente 6 milhões de acidentes de trânsito com veículos motorizados ocorreram nos Estados Unidos em 2006. Esses acidentes resultaram em aproximadamente 39 mil mortes e 1,7 milhão de feridos. E quase 95% dos 10,6 milhões de veículos envolvidos em colisões nesse mesmo ano eram carros de passeio ou caminhões.

Entretanto, apesar dos pedidos de grandes investimentos em transporte público, nos Estados Unidos, as estradas estão cada vez mais cheias. Circunstâncias similares prevalecem no resto do mundo, particularmente em nações em desenvolvimento, onde o número de proprietários de veículos cresce meteoricamente. [No Brasil as estatísticas são falhas e tendem a subestimar a realidade. Ainda assim, de acordo com a Associação Nacional de Transportes Públicos, entre 2003 e 2006 o trânsito provocou 34 mil mortes por ano, deixou 100 mil pessoas com deficiência temporárias ou permanentes e 400 mil feridos.]

As estatísticas dos acidentes indicam que erro do motorista é a maior causa dos problemas de segurança nas estradas americanas, afirma Jörg Breuer da Mercedes-Benz. "Por exemplo, será difícil para o motorista estimar o quanto deve imprimir de força ao freio quando um veículo à frente desacelerar de repente", diz ele. "E você perde microssegundos preciosos determinando a severidade do perigo." Por esta razão, "muitas pessoas freiam tarde demais, muito devagar ou nem freiam", avalia Breuer. Por isso a Mercedes e seus concorrentes estão trabalhando para oferecer freio com acionamento automático.

Há duas tendências que também estão estimulando o aumento da automatização dos carros. A primeira é que a média de idade da maioria dos motoristas de todo o mundo está aumentando rapidamente. Como a capacidade física declina, a tecnologia pode, gradativamente, compensar esses descuidos para manter os ocupantes do veículo – e os das estradas – seguros.

A segunda tendência é um pouco menos evidente. Carros menos poluidores, mais responsáveis ambientalmente e que consomem menos energia

são a moda do momento. Os esforços estão focados em desenvolver motores energeticamente mais eficientes, mas os engenheiros podem alcançar o mesmo efeito construindo carros mais leves. Infelizmente, essa "redução de peso" muitas vezes resulta em veículos com estruturas menos resistentes, que tendem a sofrer mais danos nas colisões. Essa desvantagem pode ser compensada por automóveis que evitam acidentes.

Além disso, alguns fatores estão limitando a velocidade com que a tecnologia avançada de segurança ganha espaço. Ainda é cara, até porque os fabricantes de carros são cautelosos com possíveis custos legais derivados que podem aparecer por danos ou morte causados por acidentes em caso de falhas de sistema. E, talvez ainda mais importante, é que os fabricantes de carros são cuidadosos em não interferir muito no sentimento dos clientes, de controlar suas máquinas de rodar, então se concentram em educar os motoristas sobre as vantagens dos equipamentos lançados. Esse esforço faz com que os motoristas passem a confiar nas capacidades dessas inovações.

Permanecer Vivo

Algumas tecnologias de primeira geração que ajudam motoristas a prevenir acidentes ou minimizar danos físicos e prejuízos materiais – conhecidos no mercado como sistemas ativos de segurança – já são familiares. (Os chamados dispositivos passivos de segurança – como cinto de segurança, air bag e estruturas que se deformam e absorvem energia – protegem você quando ocorre uma colisão.) Os freios ABS (Sistema de Freios Antitrava) lançados no mercado em 1979 melhoram a dirigibilidade e aperfeiçoam a desaceleração quando o pedal de freio é acionado bruscamente. "O ABS é essencialmente um sensor que 'avalia' uma situação crítica de direção e atua automaticamente para atenuar o efeito," detalha Breuer.

Em seguida foi introduzido o sistema ativo de segurança de maior impacto, isto é, o Sistema de Controle de Tração (TCS). Ele impede que as rodas motoras percam tração com o solo e com isso aumenta o controle do veículo quando o motorista acelera, produzindo um torque (força rotacional) excessivo para as condições de superfície da estrada.

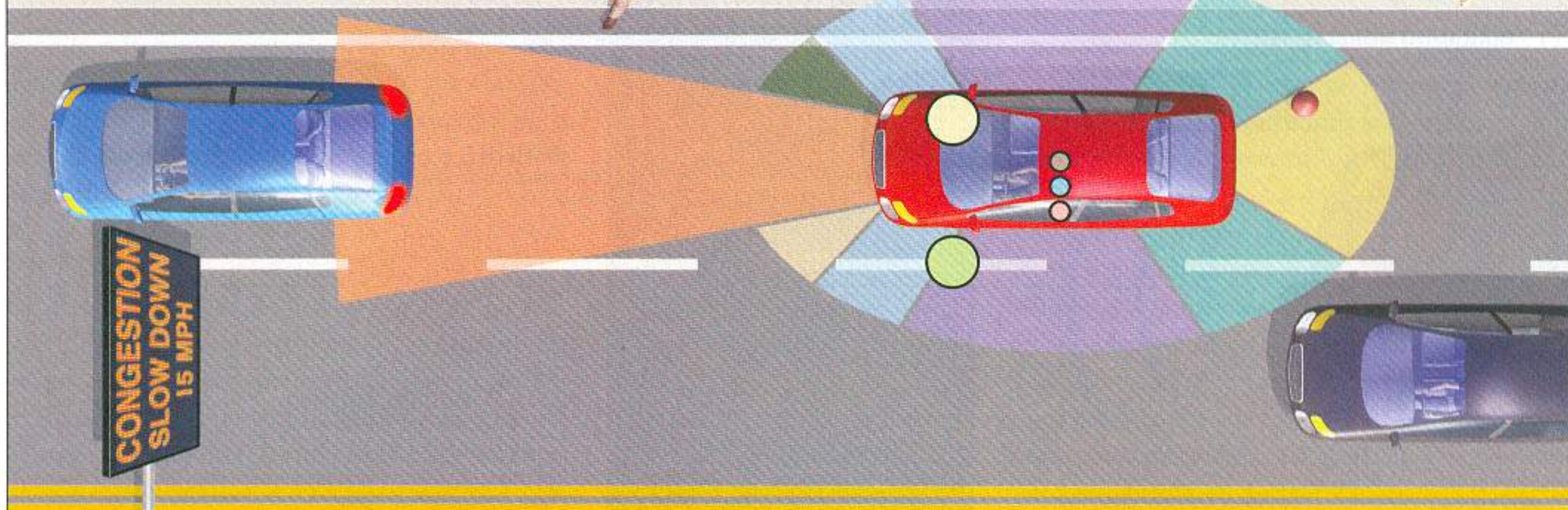
Depois do TCS apareceu o Controle Avançado de Estabilidade (ESC). Esse sistema monitora constantemente o ângulo do volante e a direção do veículo; a direção é determinada pela velocidade de movimento lateral, referenciando o ângulo do carro em relação ao seu eixo central e a velocidade em que as rodas estão girando. Quando o ESC detecta deslizamento, tenta anulá-lo ativando seletivamente a fre-

[VISÃO GERAL]

DIRIGINDO EM UMA BOLHA VIRTUAL

A atual e a próxima geração de sistemas ativos de segurança – destinados a prevenir colisões – poderiam essencialmente criar uma zona de segurança em torno do carro para evitar colisões. Além dos mecanismos que formam uma bolha virtual em torno do veículo,

alguns novos sistemas, como as tecnologias convencionais ABS, TCS e ESC, ajudam o carro a trafegar mais seguro e a parar rapidamente em condições perigosas. Tecnologias de segurança ativa futura estão marcadas com asterisco.



SISTEMA DE FREIOS ANTITRAVA (ABS) – melhora a dirigibilidade e a desaceleração durante frenagem brusca.

SISTEMA DE FRENAGEM DE EMERGÊNCIA (EBA) – auxilia a eficiência dos freios durante frenagens de emergência.

ALERTA DE COLISÃO DIANTEIRA (FCW) – detecta colisões potenciais e soa um alarme.

FRENAGEM AUTOMÁTICA* – detecta colisões potenciais e aciona o freio sem ação do motorista.

SISTEMA DE CONTROLE DE TRACÇÃO (TCS) – impede o motorista de perder tração em manobras.

DETECTOR DE PONTO CEGO (BSD) – equipamento que avisa quando há veículos nas zonas de pontos cegos.

ALERTA DE SAÍDA DA PISTA (LDW) – soa um alarme quando o carro sai da faixa.

PREVENÇÃO DE SAÍDA DA PISTA (LDP) – não deixa o carro mudar de faixa quando detecta perigo vindo por trás, na faixa adjacente.

CONTROLE ELETRÔNICO DE ESTABILIDADE (ESC) – detecta e impede derrapagens.

DETECÇÃO TRASEIRA* – avisa o motorista sobre obstáculo ou pessoa não visível na região traseira do veículo e freia automaticamente, se necessário.

RECONHECIMENTO DE SINAIS DE TRÂNSITO (TSR)* – soa um alarme quando o motorista acessa uma zona onde as leis de trânsito mudaram.

RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE PEDESTRES* – indica pedestres ou animais na estrada à frente.

nagem necessária para corrigir a trajetória do carro. Ele também pode diminuir a potência do motor, permitindo que o carro corrija sua trajetória.

Estudos feitos pela Mercedes e pela Toyota indicam que a instalação do ESC resulta de 29% a 35% de redução em colisões de veículos e de 15% a 30% menos colisões frontais, o que, nos Estados Unidos, se traduz em milhares de vidas e US\$ 10 bilhões economizados por ano.

O sucesso do ESC teve seu ponto alto na decisão recente da NHTSA de fazer da tecnologia um equipamento obrigatório em 2012, para veículos com menos de 4.536 kg de peso bruto, segundo Kay Stepper, da divisão de sistemas de controles de chassis da empresa Robert Bosch, em Farmington Hills, Michigan. Um dos benefícios esperados dessa nova lei é que o ABS e o TCS se tornarão itens obrigatórios em todos os carros e caminhões leves.

Segurança Conectada

Além disso, o ESC é a chave para uma nova geração de sistemas de segurança que usam rede de

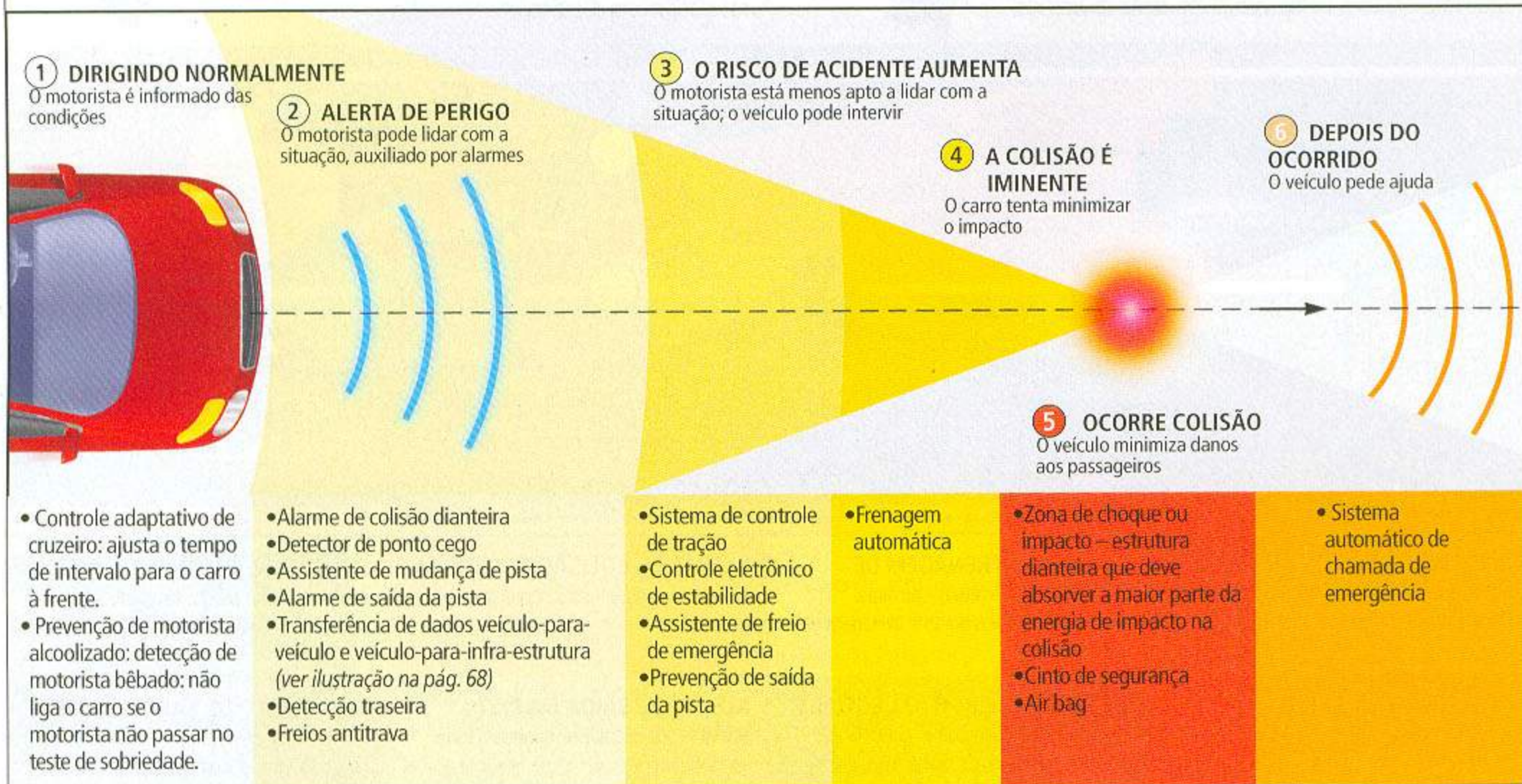
comunicação entre os sensores do veículo, ativando dispositivos e computadores, acrescenta Stepper. Pelo fato de o ESC usar a aceleração, ou força G, sensores que mantêm a atenção em toda a movimentação do veículo podem abastecer uma unidade central de monitoração e controle com a informação necessária para uma reação efetiva às ameaças que aparecerem repentinamente no caminho. Fazendo com que os componentes se comuniquem em rede, uns com os outros, podemos desenvolver capacidades ainda melhores ou até funções totalmente novas, usando mais vezes o mesmo equipamento, ou menos vezes, e continuamente.

Vejamos um exemplo dessa transição: para que infle em uma colisão, o sistema atual de air bag lateral da Bosch conta com dois sensores separados para verificar que uma colisão lateral está acontecendo – um na porta que detecta pressão e um na unidade de controle de estabilidade, que mede aceleração. “Infelizmente, é preciso que a verificação ocorra para que o air bag infle; então se perdem

ACIONAMENTO DE SISTEMAS DE SEGURANÇA

Especialistas em segurança veicular dividem uma colisão potencial em seis estágios. Em cada um deles um sistema de segurança diferente poderia atuar para prevenir a colisão ou, como último recurso, minimizar ferimentos. Sistemas "passivos" de

segurança, como cinto de segurança e air bag, completariam o serviço. Tecnologias consideradas convenientes, como o Controle Adaptativo de Cruzeiro e o Detector de Ponto Cego também podem ser úteis para evitar acidentes.



preciosos milissegundos, que podem ser uma eternidade em uma colisão”, considera Stepper. Mas, na mais recente rede de presença, uma “caixa-preta” central de controle que monitora o movimento do veículo pode receber informação do sensor de aceleração da ESC sobre guinadas – a rotação do veículo em seu eixo vertical que indica que está se deslocando lateralmente. Assim, prepara o air bag para inflar imediatamente, se o sensor de pressão da porta for acionado.

A indústria automotiva está apenas começando a explorar esse potencial de sinergia ao integrar um subsistema de segurança anteriormente independente, mas agora em rede com outros, de maneira que a informação crítica estará disponível para todos eles. A mudança, conclui Stepper, poderia economizar custos “porque menos sensores serão necessários para executar a mesma tarefa”.

Aviso de Colisão

Entre os sistemas de segurança mais excitantes estão os sinais de advertência, que ajudam a evitar colisões com veículos ou obstáculos à frente. São versões como a que experimentei no simulador da Ford. O sistema de advertência de colisão dianteira se baseia no relativamente novo Controle Adaptativo de Cruzeiro (ACC), dispositivo que conta com informação

de radar para manter distância ou intervalo de tempo, predefinidos, entre dois veículos.

O novo controle “parar e andar” do ACC faz com que transitar em tráfego lento seja muito fácil, porque ele pode seguir o carro à frente precisamente quando ele pára ou avança. A combinação de uma câmara e um sofisticado programa de algoritmo de controle compõe um sistema básico de advertência de colisão.

Esses dispositivos devem combinar radar com câmara porque cada um agrega uma capacidade diferente, diz Dean McConnell, da Continental Automotive Systems, em Auburn Hills, Michigan. “Radares podem detectar a existência de objetos nas proximidades e avaliar a distância até um obstáculo, mas não são eficientes para distinguir a natureza do objeto. O sistema de câmara de vídeo pode distinguir entre algum objeto importante, como um carro, e alguma coisa não importante, como uma tampa de bueiro na rua.” Operando em conjunto, eles podem determinar com clareza quando colisões frontais perigosas são iminentes e frear é indispensável, ele explica.

Em instalações típicas, de longa distância, o sensor de microondas de 77 gigahertz do radar, monitora de 122 a 198 metros à frente. A curta distância, a unidade de radar de 24 gigahertz varre dezenas de

metros à frente. Seus ângulos amplos de câmara de vídeo podem reconhecer objetos que estão entre 40 a 50 metros distantes. Quando um sistema de advertência detecta que o carro está se aproximando muito rápido do veículo à frente, ele vibra o pedal de freio, aciona um alerta de freio ou ativa outros sinais, e prepara os freios para ativação instantânea pressurizando antecipadamente a linha hidráulica dos freios. Se o motorista não tomar nenhuma iniciativa, e a colisão for iminente, então o sistema diminui a velocidade do veículo automaticamente para, ao menos, reduzir o impacto da colisão.

Frenagem Automática

Os atuais sistemas de advertência de colisão apontam para futuros sistemas de segurança ativa que automaticamente acionam o freio ou redirecionam o carro de volta à pista para evitar acidentes com outros veículos. Mas esses sistemas de segurança não atendem às necessidades do campo com sucesso; versões dessas tecnologias para satisfazer todas as velocidades são consideravelmente mais problemáticas.

A Volvo deu sua tacada inicial em freios automatizados em seu modelo XC60 com o sistema chamado Segurança Urbana, sistema que evita ou atenua colisões a velocidades reduzidas e atua abaixo de 32 km/h. Segurança Urbana atende problemas em baixas velocidades – freqüentemente urbanos, por isso o nome – como pára-choques amassados, que em muitos lugares representam aproximadamente três quartos de todas as colisões, contabiliza Thomas Broberg, da Volvo, em Gotenburgo, Suécia.

Segurança Urbana tem um laser infravermelho de alcance que envia um feixe de luz à procura de reflexo dos objetos que estão a 6 ou 7,6 metros à frente do veículo. Um receptor mede a velocidade a que

COLISÕES DE CARROS: CONTROLE DE HISTÓRICO

- Cerca de **seis milhões** de acidentes de trânsito foram informados à polícia americana em 2006.
- Em torno de **40 mil** mortes são causadas por acidentes de carros por ano.
- Cada **12** minutos uma pessoa morre por causa de um acidente de automóvel, e cada acidente deixa alguém ferido a cada 14 segundos.
- Mais de **um quarto** de todos os motoristas se envolvem em acidentes de carro num período de 5 anos.
- Aproximadamente **duas de cinco** fatalidades nas estradas ocorrem por causa de um motorista bêbado.
- Aproximadamente 30% das mortes por acidentes de automóveis podem ser atribuídas a excesso de velocidade.
- Mais de **um terço** das fatalidades de acidentes de veículos são resultado de descuido ao volante que leva o veículo a sair da estrada.

os dois objetos estão se aproximando um do outro e, se necessário, prepara o freio de emergência para responder rapidamente. “Se o motorista não fizer nada nessa situação, o sistema irá frear automaticamente,” diz Broberg. “Ele não dá um aviso nesse momento, porque isso apenas confundiria o motorista.” Posteriormente o sistema avisa o motorista que o sistema Segurança Urbana foi acionado.

Avançar para um sistema completo e autônomo em todas as velocidades será difícil, avalia Broberg, porque garantir que qualquer decisão que o sistema tomar em uma situação crítica é o movimento correto é um desafio. “É fácil fazer um carro frear automaticamente”, observa ele. “O truque é garantir que ele não vá frear quando não é necessário e assegurar que ele sempre tome a decisão correta.” Até agora, tanto a Volvo quanto outros fabricantes de carros e fornecedores de sistemas de segurança ainda estão realizando testes para ter certeza de que seus sistemas são confiáveis. Por exemplo, eles estão colocando os sistemas nos carros – de consumidores padrão – em ambientes diferentes por todo o mundo. Na maioria das vezes os sistemas novos são inativos, mas eles registram qual seria a decisão correta a ser tomada em caso de necessidade.

Permanecer na Pista

Câmaras de vídeo nas superfícies frontais são componentes básicos que avisam o motorista quando o veículo está saindo de sua pista. A câmara rastreia a faixa da pista e nota quando o veículo desvia do trajeto que a faixa define.

A Nissan, um dos primeiros fabricantes a introduzir essa tecnologia, está trazendo uma atualização do Sistema de Permanência da Pista (LKS), comenta Alex Cardinali da Nissan North America.



ALARME DE COLISÃO, a faixa de luz vermelha refletida no pára-brisa na foto da esquerda, avisa sobre um potencial obstáculo perigoso na estrada à frente durante uma “volta” no simulador de realidade virtual da Ford. A tela de navegação, na foto à direita, está conectada ao novo sistema de câmara multi-visão e mostra um ângulo amplo de visão envolvendo vista da traseira e das laterais traseiras do veículo.

OBSTÁCULOS LEGAIS

A introdução de carros automatizados, com sistemas de segurança, apresenta riscos de responsabilidade civil para os fabricantes de carros e seus fornecedores. Quando o air bag foi introduzido, por exemplo, ninguém se deu conta dos perigos apresentados para crianças no banco dos passageiros pelos air bags que inflavam com muita rapidez. Muitos processos correram até surgirem práticas seguras, como colocar as crianças no banco traseiro. Hoje os fabricantes preferem introduzir um equipamento somente após (1) ter sido conduzida uma pesquisa suficiente para provar que a nova tecnologia realmente aumenta a segurança, (2) a NHTSA aprovar seu uso, e (3) os consumidores serem completamente informados sobre os benefícios e limitações.

“Nosso novo sistema de prevenção de desvio na pista impede que motoristas desviem de suas pistas eventualmente por falta de atenção, distração ou sonolência. Nesse caso, ele interfere freando um lado do carro, o que cria um movimento de guinada que traz o veículo de volta à pista.” Além de monitorar as faixas da pista com a câmara montada sobre o espelho retrovisor, a unidade considera a velocidade do veículo e a maneira como o motorista se comporta ao volante.

Tive a oportunidade de experimentar um sistema similar ao dirigir nas proximidades da unidade de teste da Bosch, na agradável estrada do interior do sul de Detroit. Com três engenheiros da Bosch sentados nos bancos dos passageiros percorremos uma estrada de sentido duplo, estreita, reta e quase vazia. Quando o caminho estava livre, o pesquisador ao meu lado ativou o sistema apertando apenas algumas teclas no laptop. Então, desviei o carro para a outra pista e o volante e o banco começaram a vibrar como se tivéssemos numa estrada irregular. A mensagem foi clara: “Volte para sua pista”. Continuamos tentando várias vezes implementos similares, o mesmo conceito básico, exceto que o sinal de aviso passou a ser um bip, ou campainha, ou luzes no painel. Acionar a alavanca do pisca-pisca desativa a função do LKS.

Logo percebi que estava mais confortável com a ação do mecanismo “semelhante ao autorama”, que o pesquisador chamou de “configuração da

banheira” referindo-se à curvatura lateral do gráfico de resposta da máquina aos desvios do volante, na tela do seu computador. A cada momento que eu virava o volante para fora da pista, uma força de reação suave direcionava o veículo de volta à pista. Os engenheiros sorriram satisfeitos quando eu disse “certamente seria muito fácil me acostumar a dirigir nesta configuração”.

Eliminando Pontos Cegos

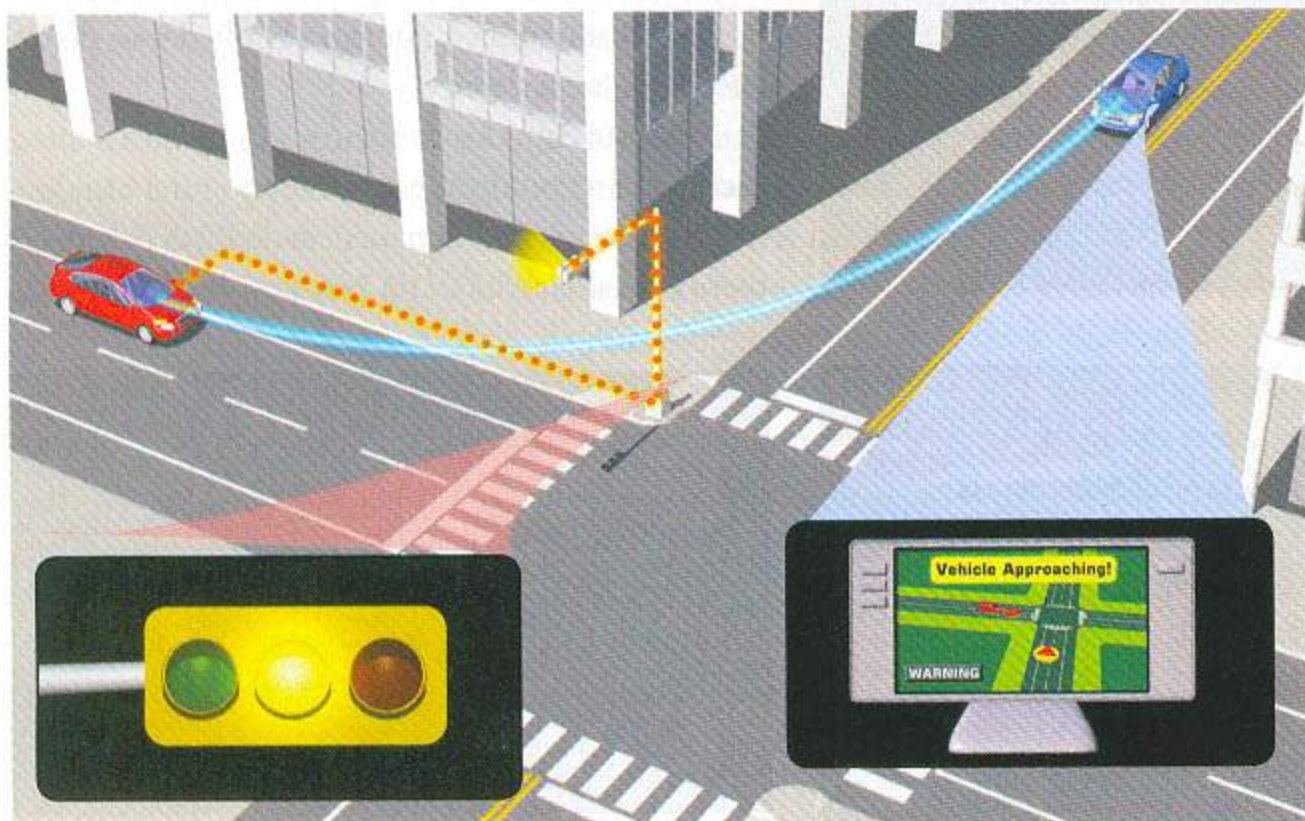
Similar ao LKS é o sistema de detecção de pontos cegos que usa dispositivo ultra-sônico montado nas laterais, ou sensores de radar, para enxergar as faixas adjacentes e mostrar ao motorista os veículos posicionados nas zonas de pontos cegos. Em muitos sistemas disponíveis no mercado, luzes de aviso acendem nos espelhos laterais quando há veículos ocupando essas zonas. McConnell diz que o detector de pontos cegos está ganhando popularidade entre os motoristas que já o experimentaram, mas a tecnologia “de fato poderá se desenvolver rapidamente no mercado de comerciais, porque todos os caminhões têm amplas zonas de pontos cegos”.

Uma extensão da tecnologia de detecção de pontos cegos é a assistência para mudança de faixa fornecida por um sistema que avisa o motorista quando o carro da faixa ao lado avança rapidamente sobre seu carro, ou impede que ele invada a faixa adjacente. Nesse caso, diz McConnell, a área de percepção é ampliada “em pelo menos a distância equivalente a alguns carros, talvez 50 metros para trás”. Uma tecnologia similar é projetada para evitar situações dramáticas, como aquela em que um motorista dá marcha à ré sobre uma criança fora de sua visão. Esse sistema de proteção traseira pode detectar a criança ou um objeto antes do contato, e parar o veículo. McConnell menciona que a NHTSA está organizando discussões com fabricantes de veículos e seus fornecedores para tratar desses casos dramáticos, mas, felizmente, quase raros.

McConnell prevê que o futuro verá sistemas de segurança que identificarão e evitarão pedestres e animais nas rodovias, mesmo à noite, assim como sistemas de reconhecimento de trânsito que, por exemplo, impedem que motoristas avancem sinais de parar e semáforos fechados.

Diálogos Mecânicos

A combinação de todos esses sistemas de sensores avançados, particularmente se eles estiverem em rede, poderia estabelecer uma “bolha de proteção” virtual em torno do veículo. Mas um sistema desses provavelmente pode ser complexo e



SEXTO SENTIDO PARA MOTORISTAS: os fabricantes de carros, incluindo a Toyota e a General Motors, estão testando sistemas de segurança de trânsito com tecnologia sem fio entre veículos nas proximidades e na infra-estrutura para o veículo. Esses sinais poderão alertar os motoristas sobre perigos com alarmes e sinais visuais no painel de instrumentos. Se um motorista não responder ao receber o alerta, por exemplo, de um carro bloqueando a estrada após a curva, o veículo poderá parar por si só, evitando uma colisão. As tecnologias Veículo-para-Veículo (V2V) e Veículo-para-Infra-estrutura (V2I) poderão informar velocidade, localização por GPS e dados para receptores de aproximadamente 300 metros ou mais.



“BOSS” Veículo robótico (à esquerda), que ganhou no ano passado competição independente de veículos em percurso de carro sem motorista; versões que poderão estar disponíveis em uma década. Veículos automatizados serão capazes de se deslocar ou viajar em



formação sem intervenção do motorista, como já demonstrado em uma rodovia de San Diego (à direita). Nesse tipo de “estrada inteligente” as tecnologias permitiriam aos veículos economizar espaço e diminuir acidentes nas estradas com trânsito crescente.

caro, talvez mais do que os donos dos carros gostariam de pagar.

Em função desse custo alguns fabricantes estão investigando alternativas mais baratas que envolvem conectar os veículos e a infra-estrutura da estrada por comunicação sem fio, não mais sofisticadas que a comunicação de mensagem de texto. Em vez de contar com um conjunto de sensores no veículo, diz Alan Taub, diretor executivo de Pesquisa e Desenvolvimento da General Motors, “porque não apenas ficar sabendo o que está acontecendo na vizinhança, perguntando aos outros veículos e aos sinais e cruzamentos das estradas?”.

Esse sistema Veículo-para-Veículo (V2V) e Veículo-para-Infra-estrutura (V2I) “permitiria aos motoristas enxergar além do horizonte à vista. Saber, por exemplo, se há um veículo parado na rua à frente, mas isso é só o começo”, diz Taub. O sistema embarcado poderia não detectar o obstáculo a tempo, mas um carro passando nas proximidades provavelmente detectaria. Ou um sistema de gerenciamento de intersecção com um ponto de comunicação sem fio embutido que poderia informar um motorista desatento que o carro dela ou dele está a ponto de avançar um semáforo vermelho. Ele poderia até frear o carro, se isso fosse desejado (ver ilustração na pág. 68).

Parte da genialidade do conceito é que isto é tecnologia conhecida: carros e estradas teriam apenas sensores básicos como dispositivos de localização, Sistema de Posicionamento Global (GPS), alguma capacidade de computar, e unidades de transmissão e recepção de curta distância sem fio. E nem todo veículo precisa ser tão equipado a princípio, Taub menciona: “Você equipa com itens de segurança somente 5% ou 10% do volume de venda total de veículos”.

Mas esse caminho também tem desvantagens. Ambos os sistemas exigem que todas as empresas automobilísticas que vendam veículos em um país concordem em padronizar a comunicação consistentemente, o que, no mínimo, levará tempo para ser feito. Equipar carros para operar em estradas com conexão V2I não custaria muito, mas instalar dispositivos necessários em toda a infra-estrutura da estrada seria provavelmente muito custoso. Uma estimativa indica que um sistema V2I em todo o território americano custaria US\$ 1 trilhão. Ainda assim, discussões sobre a tecnologia V2V estão em andamento entre as empresas interessadas.

Carros Autônomos

Assim que os sistemas de segurança e a tecnologia de navegação autônoma em desenvolvimento comprovarem sua eficácia e confiabilidade, com aceitação dos motoristas, não demorará muito para vermos carros que dispensam a ação do motorista. Pesquisas já demonstraram que esses carros são viáveis.

Em 2007, um Chevrolet Tahoe modificado e apelidado de “Boss”, entre outros veículos similares sem motoristas, rodou com sucesso por uma rua extensa em Victorville, na Califórnia, onde havia outros carros e até congestionamento. Os carros anônimos e caminhões competiram no Urban Challenge da Defense Advanced Research Projects Agency, uma corrida para demonstrar que veículos robóticos de estrada podem ser práticos. Logo depois, a General Motors comunicou que irá comercializar veículos autônomos em 10 anos. Este prognóstico pode ser um pouco otimista, mas certamente demonstra o caminho para a realidade de carros robóticos em um futuro próximo. ■

STEVEN ASHLEY integra a equipe de redação de Sciam.

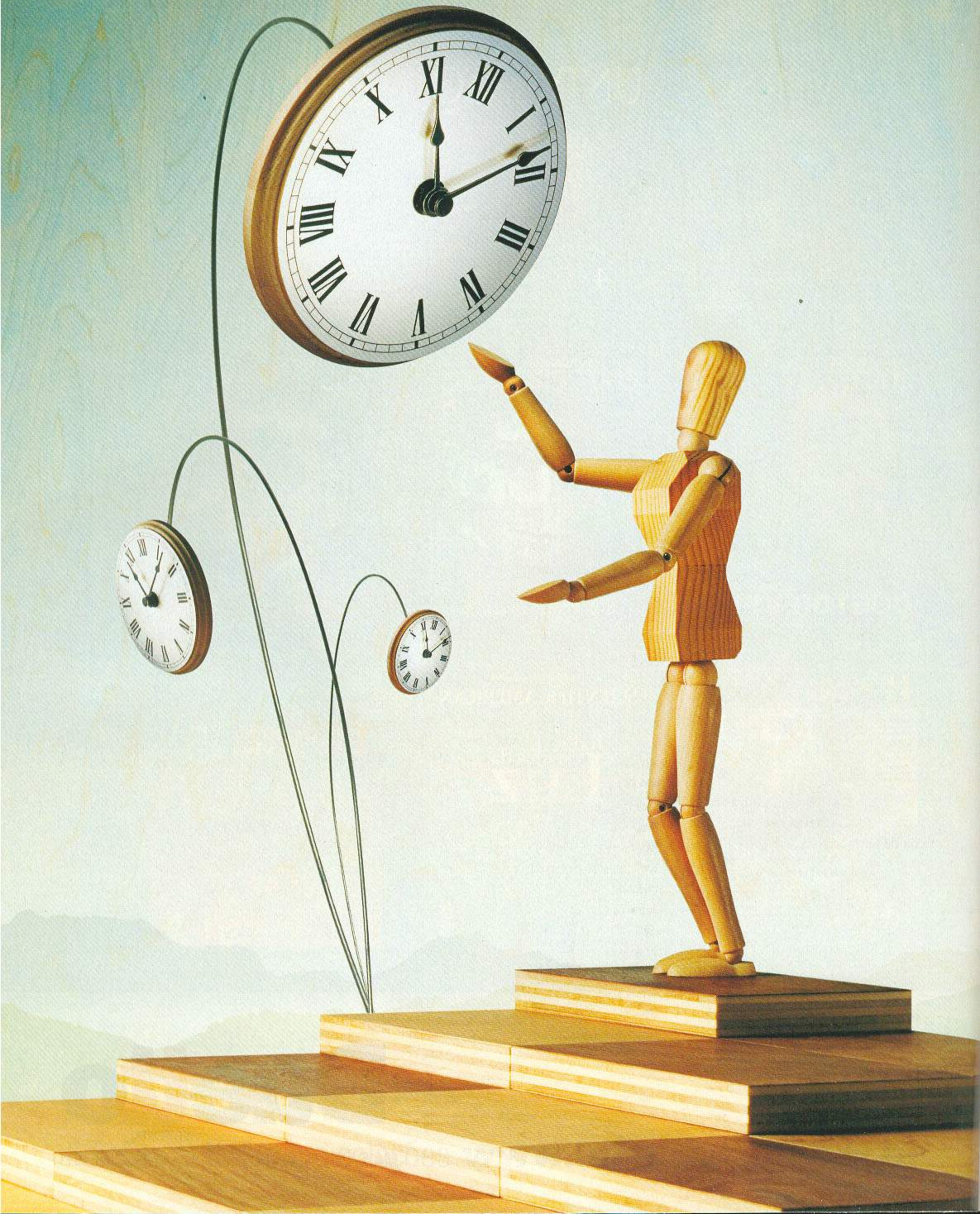
PARA CONHECER MAIS

Automotive active safety systems. Jean J. Botti. Society of Automotive Engineers, 2007.

Continental Automotive Systems: www.conti-online.com/generator/www/de/en/cas/cas/general/home/index_en.html

Robert Bosch: www.bosch.us/content/language1/html/index.htm

Traffic safety facts 2006. The NHTSA's National Center for Statistics and Analysis: www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/TSF2006FE.PDF



Genes, relógios e sociedade

Controle da ritmicidade circadiana depende de três fenômenos: geração de ritmicidade, propriedade demonstrada pela maioria das células do organismo, sincronização entre células e ajuste dos ritmos aos ciclos ambientais

Por Claudia Roberta de Castro Moreno, Fernando Mazzilli Louzada e Mario Pedrazzoli

Nossa vida social é organizada por três diferentes relógios: o relógio solar, ou seja, a alternância entre o dia e a noite, o relógio social, que vemos ou ouvimos no início de um dia de trabalho, e o relógio biológico. A interação entre esses três relógios resulta em comportamentos rítmicos chamados circadianos, ou seja, que apresentam período de aproximadamente 24 horas. O ciclo vigília/sono, a alternância entre o dormir e acordar, é o mais evidente desses ritmos.

Há pouco mais de 30 anos, os núcleos supraquiasmáticos (NSQ) do hipotálamo foram identificados como os relógios biológicos dos mamíferos. Atualmente, a idéia da existência de osciladores discretos no hipotálamo que controlam os ritmos circadianos deve ser revista. Outras estruturas, interna e externa ao sistema nervoso, participam do sistema de temporização circadiana, essencialmente um sistema multioscilar. Estudos recentes sugerem que os núcleos supraquiasmáticos do hipotálamo não atuam como simples marca-passos, mas como sincronizadores internos, permitindo o ajuste dos ritmos ao ciclo claro/escuro ambiental nos diferentes níveis do organismo.

Culturas de neurônios e de células de outros tecidos, como fígado e pulmão, exibem oscilações auto-sustentadas. Isso significa que as células de grande parte dos tecidos dispõem de um oscilador capaz de gerar e manter oscilações circadianas. Para que o organismo funcione normalmente é essencial que as células estejam sincronizadas. A análise dos cerca de

10 mil neurônios presentes em cada núcleo supraquiasmático mostra que os dois núcleos apresentam-se sincronizados quando expostos ao ciclo claro/escuro. Esse fato sugere a existência de um mecanismo de acoplamento, que permite que os neurônios “andem no mesmo passo”. O mecanismo pelo qual os neurônios mantêm-se acoplados ainda não é conhecido, mas especula-se que as células da glia e substâncias produzidas pelos neurônios, como o óxido nítrico, participariam do processo.

O controle da ritmicidade circadiana depende, portanto, de três fenômenos: a geração de ritmicidade, propriedade da maioria das células do organismo, a sincronização entre as células e o ajuste dos ritmos aos ciclos ambientais.

Essas propriedades do sistema de temporização conferem ao organismo a capacidade de ajuste ao ciclo claro/escuro e às suas mudanças bruscas, como em situações de vôos entre meridianos – que afetam a hora local –, ou graduais, como a que ocorre ao longo do ano, com a mudança das estações. Para que ocorra esse ajuste é necessário que o período do ritmo circadiano gerado pelo organismo, chamado de período endógeno, sofra um processo denominado arrastamento, para que passe a exibir o mesmo período do ciclo ambiental a que o sistema está exposto. O arrastamento permite, portanto, a sincronização entre os três relógios que organizam nossa vida.

Hoje se sabe que a regulação da ritmicidade circadiana em cada célula é feita em um nível molecu-

CONCEITOS-CHAVE

- Vida em sociedade é regulada pelos chamados ciclos circadianos, definidos pela interação de três relógios: solar, mecânico e biológico. Esse sistema de temporização permite que o organismo se adapte a variações de condições ambientais.
- Tipos matutinos e vespertinos (dormem cedo/acordam cedo e dormem tarde/acordam tarde) podem ser resultado de variações genéticas presentes nos genes relógio.
- Exposição à luz como forma de ajuste dos ritmos biológicos de trabalhadores é uma das estratégias que vêm sendo estudadas ao longo das duas últimas décadas.

– Os editores

lar por um grupo de genes chamados de genes relógio. As primeiras pistas do mecanismo molecular da ritmicidade apareceram em 1971, quando dois geneticistas, Konopka e Benzer, usando a mosca-das-frutas *Drosófila* como modelo, demonstraram, pela primeira vez, que moscas mutantes apresentam ritmos circadianos de atividade e repouso com períodos muito curtos, que chegam a 19 horas ou muito longos, de até 28 horas, em vez de um período próximo a 24 horas, como as moscas selvagens.

Em 1988 foi demonstrado que não só em moscas, mas também em mamíferos, mutações genéticas resultam em alteração da regulação da ritmicidade circadiana. Os cronobiólogos Martin Ralph e Michael Menaker publicaram na revista americana *Science* um estudo mostrando que hamsters mutantes apresentavam sincronização anormal para o ciclo claro/escuro ou eram incapazes de sincronizar.

O fato de o mecanismo molecular da ritmicidade circadiana ser semelhante nas moscas (invertebrados) e hamsters (mamíferos) nos autoriza a supor que o mecanismo de regulação em humanos seja parecido. A partir dessas pesquisas iniciais, foram encontrados diversos genes que também regulavam a ritmicidade circadiana em *Drosófilas* ou em mamíferos, nos quais mutações produziam ritmos circadianos aberrantes.

Esses genes têm, quando mutados, a capacidade de alterar drasticamente a regulação da ritmicidade circadiana e ficaram conhecidos como genes relógio. Os principais deles são os genes Clock, Bmal1, Per 1, Per 2, Per 3, Cry1, Cry2, Timeless e as caseína quinases 1 épsilon e delta.

Esses genes trabalham em conjunto em uma alça de retroalimentação negativa na qual os genes Clock e Bmal-1 codificam proteínas que, quando sintetizadas, se unem formando o heterodímero protéico Clock-Bmal, que ativa a síntese dos genes Per1, Per2, Per3, Cry1, Cry2 e Tim. Estes codificam proteínas, as quais, no citoplasma, formam os dímeros: Per-Tim, Per-Per, Tim-Cry, Per-Cry, que quando atingem altos níveis retornam para o núcleo celular, inibindo a transcrição de seus próprios genes pelo heterodímero Clock-Bmal1, formando assim uma alça auto-regulatória de transcrição-tradução que dura aproximadamente 24 horas. O papel das caseínas quinases épsilon e delta, no citoplasma, seria o de fosforilar as proteínas Per regulando sua atividade.

Relógios Comparados

Poderíamos fazer uma analogia do mecanismo molecular de marcação do tempo biológico com um relógio mecânico em que cada um desses genes funcionaria como uma engrenagem do relógio. Assim, o mau funcionamento de algum deles – no caso de



SISTEMA DE TEMPORIZAÇÃO permite adaptação a mudanças bruscas de condições, como viagens entre meridianos, que afetam fuso horário, enfrentadas especialmente por tripulações de aviões.

mutações – resultaria em um desajuste nos encaixes entre as engrenagens, o que levaria a um prejuízo no funcionamento da maquinaria do relógio, avançando, atrasando ou perdendo a capacidade de marcar o tempo biológico.

Esse relógio molecular descrito anteriormente funciona em cada célula do organismo, ou seja, cada célula tem um relógio com capacidade de marcar a passagem do tempo, regulando a temporalidade associada a eventos metabólicos e à divisão celular. No entanto, as células dos diferentes órgãos e tecidos dependem de um sinal que vem do cérebro, gerado nos NSQs, para sincronizar ou ajustar as células de todo o organismo. A oscilação da expressão destes genes relógio nos NSQs é muito robusta e responde ao sinal de luminosidade ambiental ajustando as engrenagens desse relógio.

O funcionamento preciso e particular dessa alça de retroalimentação em cada espécie está associado à temporalidade endógena do organismo. Embora os genes relógio sejam muito semelhantes nos mamíferos, pequenas diferenças entre espécies explicam por que o período endógeno é típico da espécie. O relógio de cada espécie funciona de maneira particular, dependente de pequenas diferenças genéticas. Poderíamos dizer, levando em conta uma analogia com um relógio mecânico, que as engrenagens se encaixam de uma maneira particular levando a pequenas diferenças na marcação do tempo biológico. Assim, devido a essas diferenças, observamos, por exemplo, que em camundongos o período endógeno é em média de 23,5 horas enquanto em humanos é de cerca de 24,5 horas.

É importante considerar que esse mecanismo mo-

[OS AUTORES]



Fernando Mazzilli Louzada, mestre e doutor em neurociências e comportamento pelo Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo (USP) é pós-doutor pela Harvard Medical School, nos Estados Unidos. É autor dos livros *Relógios biológicos e aprendizagem* (Edesplan) e *O sono na sala de aula* (Vieira & Lent). Professor da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Claudia Roberta de Castro Moreno, mestre e doutora em saúde pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Fez parte do seu doutorado no Institute for Circadian Physiology em Boston, Estados Unidos. Fez pós-doutorado na Universidade de São Paulo e na Unifesp como jovem pesquisadora da Fapesp. Atualmente, é professora da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

Mario Pedrazzoli, biólogo – doutor em psicobiologia pela Universidade Federal de São Paulo com pós-doutorado em genética molecular do sono na Stanford University, Estados Unidos.

lecular de marcação do tempo funciona da mesma maneira em humanos. Esse conhecimento nos permite compreender melhor as diferenças individuais nos processos de sincronização e adaptação a desafios temporais, como, por exemplo, viagens transcontinentais através de vários fusos horários.

Quando estudamos os padrões de preferência dos horários de dormir e acordar e a hora do dia em que cada um se sente mais propenso a realizar suas atividades, podemos observar que uma parcela da população naturalmente dorme cedo, acorda cedo e está disposta já pela manhã. São os tipos matutinos. Mas também há os que dormem tarde, acordam tarde e estão dispostos no período da tarde ou durante a noite. São os vespertinos. Muitos estudos têm demonstrado que esse padrão de preferência pela manhã ou noite é resultante, em parte, de variações genéticas presentes nos genes relógio.

Preferências Individuais

Alguns estudos indicam que essa preferência por horários de dormir e fazer atividades resulta do período endógeno individual de cada um. Podemos considerar que o período endógeno é produto do funcionamento do relógio circadiano molecular formado pelos genes relógio. Dessa forma, é possível inferir que pequenas variações nos genes relógio levariam a diferenças semelhantes nos períodos en-



Estudo de pacientes com distúrbio de ritmo circadiano sugere variação em gene relógio

dógenos individuais que estariam associados às variações comportamentais encontradas na população relacionadas à escolha dos horários de dormir e fazer atividades. Estudo feito no Brasil com um grupo de pacientes com um distúrbio de ritmo circadiano conhecido como Síndrome da Fase Atrasada de Sono, no qual o início do sono acontece no meio da madrugada, mostra que uma variante do gene relógio *Per3*, que não é muito comum na população geral, está presente em alta frequência neste grupo de pacientes.

Da mesma forma, podemos supor que o sistema de temporização circadiana, de que os genes relógio são parte, teria uma forma diferente de responder ou se adaptar aos desafios temporais impostos ao organismo no cotidiano, como, por exemplo, em viagens transcontinentais ou trabalho noturno. A capacidade de adaptação a essas situações seria, de certa forma, dependente da carga genética relativa aos genes relógio que uma pessoa carrega.

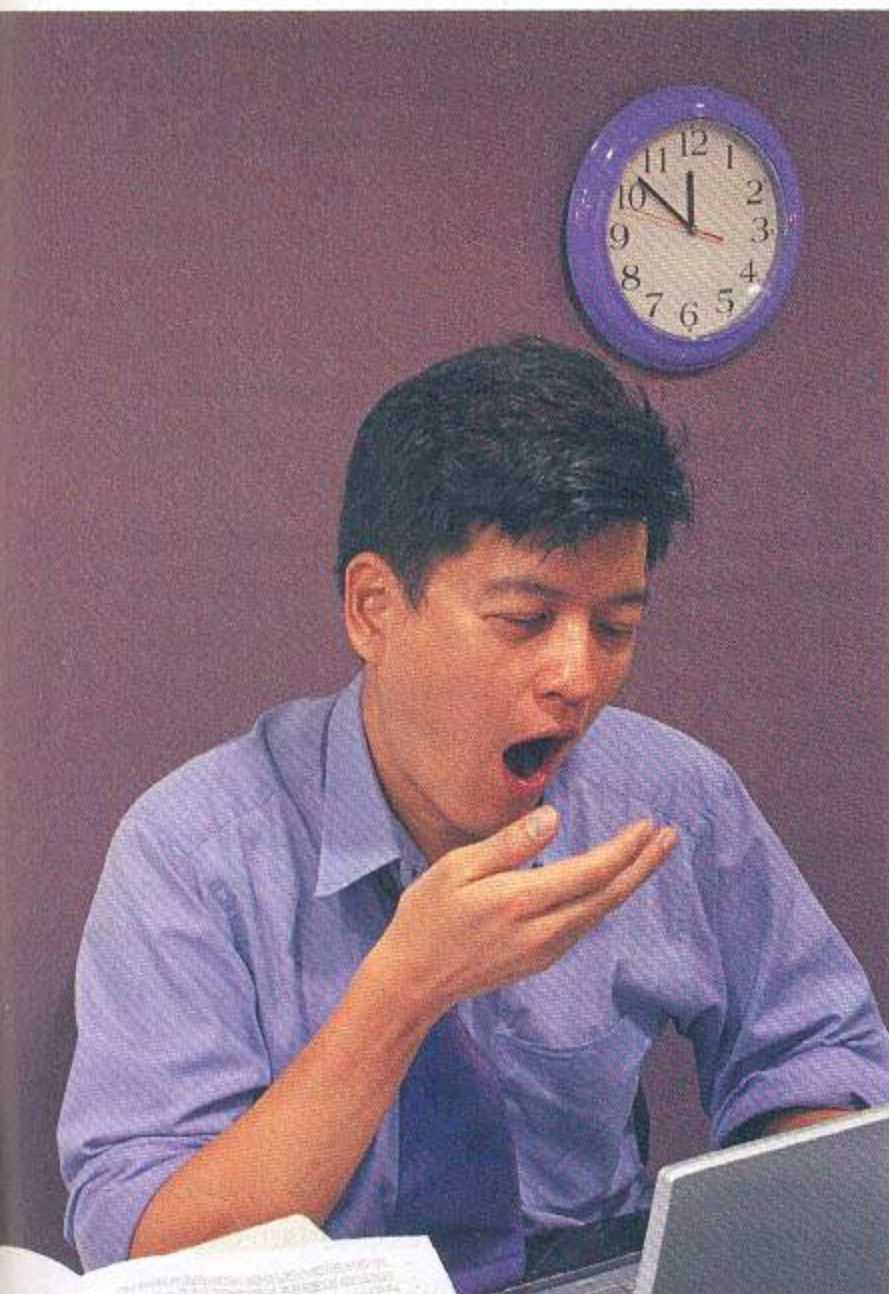
Em geral, estudos em animais e humanos têm demonstrado que variações nos genes relógio causam anormalidades de regulação da ritmicidade circadiana. Os mesmos fenótipos circadianos do ciclo sono/vigília encontrados em animais mutantes são perfeitamente reconhecíveis em humanos. A pesquisa científica na área de cronobiologia molecular tem sido capaz de encontrar algumas dessas variações genéticas associadas a fenótipos circadianos anormais em humanos. Provavelmente, nos próximos anos, novas variações serão encontradas e possibilitarão a construção de uma espécie de mapa de variação genética dos genes relógio, o que poderá ser associado ao fenótipo circadiano do ciclo sono/vigília. A melhor compreensão do relógio molecular terá papel importante no auxílio a tratamento de problemas relacionados com regulação anormal de ritmos circadianos.

A expressão temporizada dos genes relógio tem sido utilizada como importante ferramenta para melhor compreensão do funcionamento do sistema de temporização. A ritmicidade da célula pode ser monitorada através dos ritmos de expressão dos genes relógio. Por exemplo, a manipulação genética de roedores permitiu a inserção de um gene responsável pela bioluminescência em um dos genes relógio da família *Per*. O resultado é que a maior ou menor bioluminescência dos tecidos pode ser usada como marcador da expressão do gene relógio.

Limites de Sincronização

Manipulações experimentais em animais capazes de alterar o acoplamento entre os dois núcleos supraquiasmáticos e entre os neurônios de um mesmo núcleo têm utilizado a expressão gênica para

© BAINFORRESTA/ISTOCKPHOTO (imagem acima); CECILIA LIM H. MISHUTTER/STOCK (imagem abaixo)



ANALOGIA ENTRE RELÓGIO mecânico e mecanismo genético permite supor que genes funcionariam como as engrenagens de um relógio. O mau funcionamento deles, por eventual mutação, resulta em desajuste no tempo biológico.

avaliar o estado do sistema de temporização. Sabemos que esse sistema de temporização apresenta limites na capacidade de sincronização com o ciclo claro/escuro ambiental. Experimentos com roedores mostram que, quando submetidos a um ciclo claro/escuro de 23 ou 25 horas, o animal é capaz de manter sua sincronização e ao mesmo tempo continuar apresentando um ritmo de atividade/repouso com duração igual à do ciclo ao qual está exposto. Ciclos com duração muito diferentes de 24 horas, como 20 ou 28 horas, fazem com que o animal perca a capacidade de sincronização, entrando em livre curso, passando a exibir seu período endógeno como se estivesse submetido a condições ambientais constantes.

Em algumas situações, entretanto, em que o animal – no caso o hamster – é submetido a ciclos com durações intermediárias, como por exemplo 22 horas, observa-se um fenômeno intrigante. A análise do padrão de atividade do animal mostra que ele passa a expressar dois ritmos simultâneos de atividade. Um, com período similar ao período endógeno, de aproximadamente 25 horas, enquanto o outro apresenta período de 22 horas, similar ao ciclo claro/escuro a que o animal está exposto. Técnicas de análise da expressão dos genes relógio nos animais submetidos a esse protocolo mostram que cada núcleo supraquiasmático foi “dividido” em duas partes. Um grupo de neurônios apresentava um ritmo de 22 horas, enquanto o outro expressava um ritmo de 25 horas. Isso significa que parte dos neurônios dos NSQs é mais suscetível a acompanhar o período do ciclo ambiental, enquanto um



Dificuldades demonstradas por trabalhadores noturnos ou em turnos se devem especialmente a desajustes entre os diferentes sincronizadores internos

PESQUISAS INDICAM que preferência por horários de dormir e se exercitar é resultado de período endógeno individual.

outro grupo de células seria mais suscetível a expressar o período endógeno.

Em situações de exposição ao ciclo claro/escuro de 24 horas, todos os neurônios estão “andando no mesmo passo”. Na situação experimental descrita, ocorre a dissociação dos neurônios dos NSQs e a conseqüente dessincronização dos ritmos circadianos. Especulamos que fenômeno semelhante estaria ocorrendo nos núcleos supraquiasmáticos de trabalhadores submetidos ao trabalho em turnos ou noturno e no *jet lag*. A melhor compreensão dos mecanismos moleculares e celulares envolvidos na geração da ritmicidade e nas situações de dessincronização pode auxiliar tanto no sentido de possibilitar o reconhecimento das diferenças individuais presentes no processo, quanto para minimizar os efeitos da dessincronização no organismo e, conseqüentemente, na saúde dos trabalhadores.

Conflito Temporal

Os problemas enfrentados por trabalhadores em turnos, ou aqueles que trabalham à noite, não são apenas adjacentes aos horários de trabalho, mas provocados pela quebra da manutenção da estabilidade entre os diferentes sincronizadores que os orientam. Em outras palavras, há conflitos temporais aos quais esses trabalhadores estão expostos; se de um lado é noite e, portanto, a pressão para dormir é grande, de outro há o sincronizador social forçando-os a ficar acordados e alertas no trabalho. Trabalhadores noturnos apresentam problemas similares aos observados em pessoas que atravessam fusos horários em viagens entre meridianos, caso conhecido como *jet lag*.

Diversos estudos têm procurado avaliar o efeito de intervenções sobre o sistema de temporização circadiana, com o objetivo de reduzir as conseqüências indesejáveis à saúde e ao desempenho das pessoas submetidas a situações de conflitos temporais. Uma alternativa é a utilização de drogas cronobióticas. Uma substância cronobiótica pode ser definida como aquela “que promove o ajuste dos ritmos circadianos”. Em trabalhadores noturnos ou em turnos, que apresentam ritmos dessincronizados em razão da inversão dos seus horários de vigília e sono, essas substâncias podem auxiliar na sincronização dos ritmos. Uma das substâncias que vem sendo reconhecida como cronobiótica é a melatonina. Esse hormônio apresenta um ritmo circadiano evidente, com níveis altos durante a fase escura do dia e níveis baixos durante a fase clara.

A presença de níveis elevados de melatonina caracterizaria o que alguns autores chamam de noite biológica. Na espécie humana, que é diurna, níveis





ESTUDOS ENVOLVENDO animais e humanos revelam que variações nos genes relógio produzem anormalidades de regulação da ritmicidade circadiana. Compreensão do relógio molecular deve facilitar tratamento de desajustes.

maiores de melatonina coincidem com o episódio de sono noturno. Por esse motivo essa substância é considerada indutora do sono. O uso de melatonina exógena poderia, dessa forma, simular a noite biológica e melhorar a qualidade do sono. A administração oral de melatonina ou um de seus equivalentes que também ativam seus receptores foi realizada em muitos estudos. A maior dificuldade para conhecer os efeitos da melatonina exógena em trabalhadores em turnos é a determinação da dose e horário de administração da droga. Sabe-se que os trabalhadores em turnos estão, geralmente, dessincronizados, o que dificulta a determinação de sua fase circadiana endógena. O conhecimento do tipo de turno de trabalho pode auxiliar na determinação do horário de administração da melatonina em trabalhadores. Em turnos de rotação rápida, por exemplo, em que o trabalhador passa uma ou duas noites trabalhando, não é desejável que ocorra a inversão dos ritmos biológicos, assim, a melatonina pode ser útil para induzir o sono antes da noite de trabalho, sem modificar a fase circadiana endógena do trabalhador. Mas, em turnos de rotação lenta, com muitas noites consecutivas de trabalho, a alteração da fase circadiana é desejável, o que pode ser provocado por uma dose distinta de melatonina da utilizada em turnos de rotação rápida, assim como distintos horários de administração dessa substância. Deve-se ressaltar que, apesar de utilizada em vários países, a comercialização de melatonina é proibida no Brasil.

Ajustes Biológicos pela Luz

A exposição à luz como promoção do ajuste dos ritmos biológicos de trabalhadores é outra estratégia que vem sendo estudada nas duas últimas décadas. Dependendo do horário, curtos episódios de exposição à luz são capazes de produzir efeitos similares ao de uma exposição longa à luz

intensa. Há ainda estudos mostrando que a luz intermitente produz ajuste da ritmicidade circadiana. Entretanto, o trabalho em turnos de rotação rápida pode ser beneficiado apenas por um efeito de aumento dos níveis de alerta do trabalhador, mas não pela modificação da fase circadiana do ritmo endógeno. Por esse motivo, alguns estudos têm sugerido que a luz intensa seja aplicada apenas em casos de turnos de rotação lenta, em que é interessante a ocorrência de modificação da fase do ritmo. Obviamente, seria desejável um efeito de elevação dos níveis de alerta dos trabalhadores quando o turno é de rotação rápida. Mas, até o momento, não existem estudos suficientes para determinar com exatidão a duração da exposição e a intensidade necessária de luz para a obtenção do aumento do alerta sem que se inicie um processo de arrastamento do sistema de temporização.

O estudo do sistema de temporização circadiana é um excelente modelo para melhor compreensão da interação genes/ambiente na expressão do comportamento. Esse conhecimento também tem trazido importantes contribuições para a redução dos problemas de saúde decorrentes do trabalho em turnos e noturnos. Entretanto, devemos estar atentos para que essa discussão traga contribuições para conhecermos a plasticidade do sistema de temporização e os limites da capacidade de ajuste aos desafios temporais. A espécie humana é diurna, o que significa que foi “construída” ao longo da evolução para desempenhar suas atividades na fase clara do dia. As diferenças individuais, expressão do nível genético ao comportamental, conferem plasticidade ao sistema e ampliam as possibilidades temporais da espécie, mas dentro de certos limites. O ajuste do nosso sistema de temporização é um processo muito mais complexo que o acerto do despertador sobre a mesinha-de-cabeceira. ■

➔ PARA CONHECER MAIS

www.sono.org.br

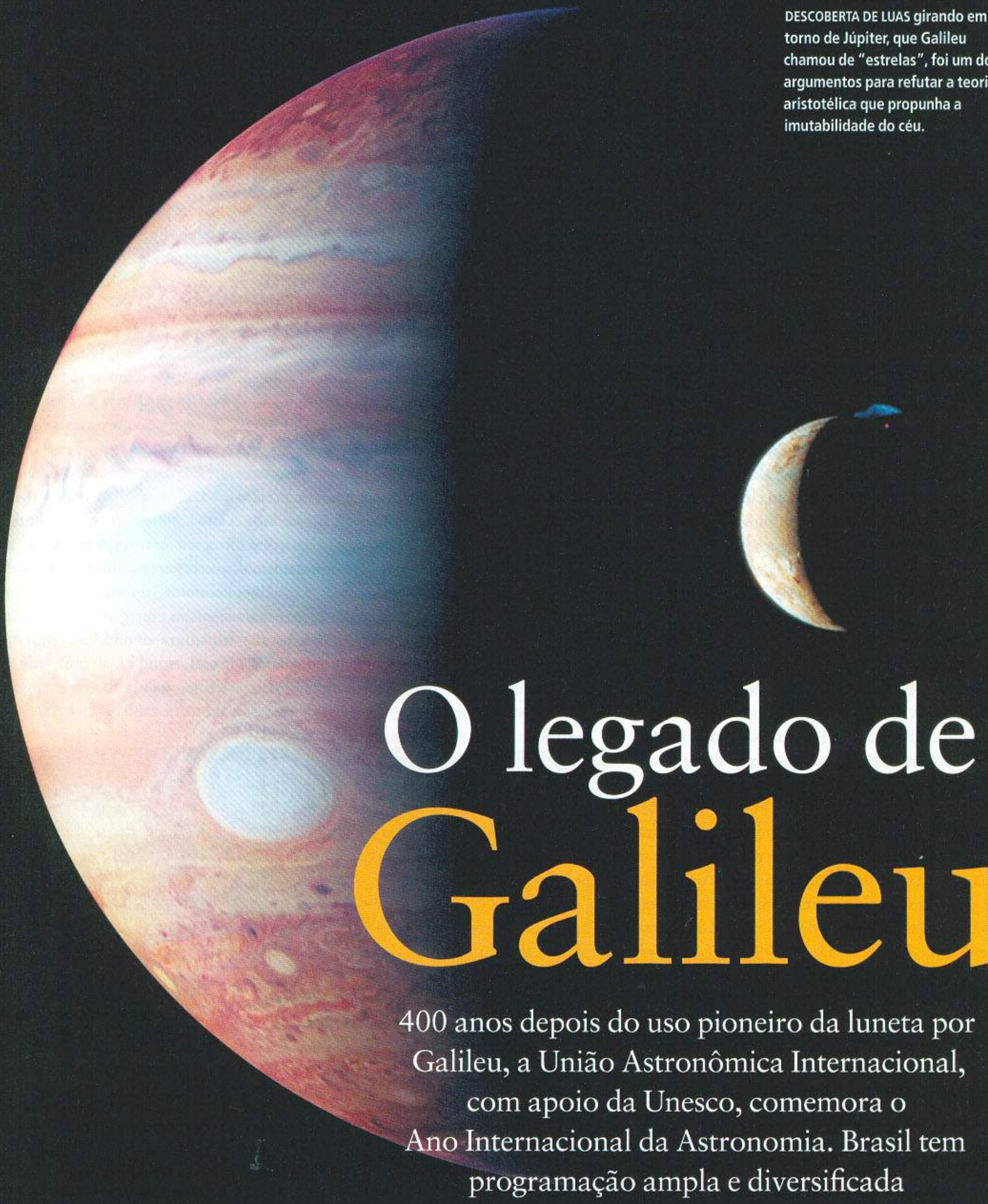
<http://www.crono.icb.usp.br/>

Cronobiologia: princípios e aplicações. N. Marques e L. Menna-Barreto, (Orgs.). EDUSP, 2003.

Trabalho em turnos e noturno na sociedade 24 horas. F. M. Fischer, C. R. C. Moreno, L. Rotenberg, (Orgs.), 1ª ed. São Paulo: Atheneu, vol. 1. 238 págs, 2003.

Medicina e biologia do sono. Sergio Tufik (org.) Manole Editora.

DESCOBERTA DE LUAS girando em torno de Júpiter, que Galileu chamou de "estrelas", foi um dos argumentos para refutar a teoria aristotélica que propunha a imutabilidade do céu.



O legado de Galileu

400 anos depois do uso pioneiro da luneta por Galileu, a União Astronômica Internacional, com apoio da Unesco, comemora o Ano Internacional da Astronomia. Brasil tem programação ampla e diversificada

Por Augusto Damineli e Tasso Napoleão

Ao longo de todo este ano a humanidade terá a oportunidade inédita de reafirmar uma profunda conexão com o Universo, estimulando a consciência de sua origem cósmica.

A matéria que forma o corpo de cada um de nós, por exemplo, por familiar que possa parecer, na realidade foi forjada no interior de estrelas de grande massa que explodiram ao final de sua vida. Elas fertilizaram o espaço com os elementos químicos que elaboraram em seu interior, os tijolos básicos para a construção do mundo: de estruturas vivas a formas inanimadas.

No imaginário da maioria das pessoas, vivemos “aqui em baixo” numa realidade dura em que tudo se desfaz com rapidez, enquanto “lá em cima” é o lugar da eternidade, da matéria em estado mais puro. Esse quadro mental foi cristalizado ao longo de milênios e resistiu às grandes revoluções que se aceleraram nos últimos 500 anos. A disseminação do conhecimento pela escola, livros e mídia não foi capaz de dissolver essa memória partilhada mesmo por pessoas com instrução universitária.

A declaração de 2009 como o Ano Internacional da Astronomia pela Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura (Unesco) tem o propósito de oferecer às pessoas, em todo o mundo, a oportunidade de (re)fazer suas ligações com uma realidade mais rica e complexa que os sentidos revelam, à primeira vista. O Brasil, junto com a Itália e a França, desde 2003 esteve na liderança da ação que levou a Unesco a apoiar a proposta feita pela União Astronômica Internacional (IAU) de declarar 2009 o Ano Internacional da Astronomia.

No início do século 21, a antítese entre a terra e o céu ainda está na base da cosmovisão humana. Assim, o motivo fundamental para a celebração deste ano internacional é a abertura de horizontes possibilitada pelo uso astronômico do telescópio por Galileu, em 1609. Além da homenagem a Galileu, o AIA é uma celebração do conhecimento e da inspiração que a humanidade acessou pela contemplação e observação do céu.

Atualmente, 129 países estão trabalhando para as comemorações de 2009, desde potências econômicas como Estados Unidos e Alemanha a países menos favorecidos, caso de Bangladesh, Afeganistão e nações africanas. Essa parceria forma uma rede mundial, conectada a redes nacionais. No Brasil, a rede já tem 177 “nós” ou núcleos. Os detalhes podem ser consultados em: www.astronomia2009.org.

Esses núcleos reúnem astrônomos amadores, profissionais, educadores e artistas, entre outros, com o objetivo de oferecer programas de observações do céu, shows em planetários, cursos, conferências, shows musicais e encontros literários inspirados no céu, livros, mostras de filmes etc.

Divulgação Científica

Reunindo uma equipe de mais de mil pessoas, a comemoração brasileira é uma das maiores redes de divulgação científica do país. A proposta da rede é ir além de 2009 e se expandir, constituindo o Portal do Universo, onde todos os recursos disponíveis em forma digital serão acessíveis com um único toque no mouse e todas as comunidades ligadas ao assunto podem ser encontradas. Para garantir esse propósito, novas tecnologias de informação estão sendo desenvolvidas. O núcleo da rede é formado por trabalho voluntário, com recursos próprios e colaboração de diversos órgãos oficiais, por meio do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). A expectativa é que o entusiasmo que as pessoas têm pelas descobertas astronômicas vai sensibilizar os cidadãos comuns para a ciência, vai melhorar o ensino de ciências e vai atrair jovens para a carreira científica.



DESENHO REPRESENTA Galileu oferecendo seu telescópio a três mulheres, possivelmente Urânia, musa da astronomia, e suas atendentes sentadas no trono. Ele aponta para uma de suas descobertas, talvez as manchas solares.

CONCEITOS-CHAVE

- Uso pioneiro da luneta para observação do céu, com descobertas que revolucionaram a astronomia e impactaram a ciência como um todo, completa 400 anos em 2009. Para comemorar essas conquistas a Unesco, por sugestão da União Astronômica Internacional, decretou 2009 como o Ano Internacional da Astronomia. Eventos estão programados por todo o mundo. Atividades no Brasil serão amplas e diversificadas.
- Com uma equipe de mais de mil pessoas, a programação para comemorações no Brasil deverá compor uma das maiores redes de divulgação científica nacional. A proposta da rede, após 2009, é formar o Portal do Universo, onde todos os recursos disponíveis em forma digital serão acessíveis on-line.
- Há um século, mal tínhamos noções de nossa própria galáxia, a Via Láctea, mas, desde então, descobrimos que existem centenas de bilhões de galáxias no limite de visibilidade do Universo.
- Programação prevista tentará repetir as observações feitas por Galileu, mas com lunetas de melhor qualidade que as que ele usou. A desvantagem é a poluição luminosa, que não existia à época de Galileu.
- Observadores devem tomar um cuidado especial: nunca observar o Sol com um instrumento astronômico, como lunetas, binóculos ou telescópios. A observação direta do Sol queima a retina e a córnea e pode produzir cegueira irreversível.

— Os editores

Com o Ano Internacional da Astronomia, muita gente pode se perguntar: “Mas o que isso tem a ver com minha vida no dia a dia?”.

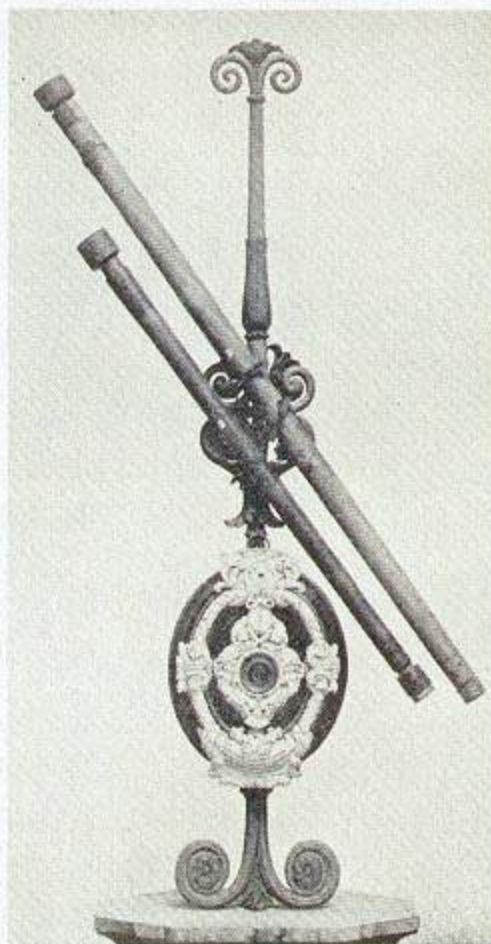
E a resposta é: mais que pode parecer. A começar pelo Sol. A energia dessa estrela é fundamental para a Terra. A luz solar permite que você leia este artigo, tanto pela iluminação direta quanto pela eletricidade, a energia solar está por trás do ciclo hidrológico que permite a “geração” de energia elétrica, por exemplo. Na verdade, a energia solar é a fonte primária em todos os alimentos, a energia que você usa para pensar, para se mover e mesmo para seu carro se deslocar. A vida na Terra é sustentada pela pequena fração de energia capturada da luz solar, seja pela biomassa viva ou fossilizada, ou pela evaporação. Apenas uma minúscula fração de energia vem de centrais nucleares e uma fração de fonte geotérmica. E se o Sol se apagasse a biosfera sucumbiria em, no máximo, poucas semanas.

O fato de o Sol ter uma massa, nem muito grande nem muito pequena – uma estrela do tipo G2V no linguajar dos astrônomos – determina que ela seja estável em longos períodos de tempo e, por isso mesmo, acolhedora para a vida. A posição da órbita da Terra, a uma distância de 150 milhões de km do Sol combinada ao período de rotação de cerca de 24 horas são condições para um fluxo de energia adequado à vida como a conhecemos. Mas isso de nada adiantaria se a esteira dos continentes não estivesse em contínuo movimento, reciclando o CO₂ da atmosfera e formando um gigantesco termostato. O fato de estarmos vivendo aqui e agora depende da conjugação de inúmeros fatores astronômicos.

A Lua parece ter um papel menos importante para a vida, afóra o efeito das marés para a vida marinha nas bordas continentais e a iluminação noturna para migrações animais. Mas, para a cultura humana, o fato de a Terra ter um satélite grande e próximo é importante. O tempo diário foi organizado com base no movimento aparente de Sol. Mas, em longas escalas de tempo, o calendário foi sistematizado com base nas fases da Lua. Ainda hoje agrupamos 7 dias para formar a semana, por causa da duração das 4 fases, e 30 dias para formar o mês para contar o ciclo completo das fases.

Computador Natural

Há milênios se percebeu que o ciclo das estações durava cerca de 12 ciclos lunares. As fases da lua foram o primeiro “computador” natural para organizar o calendário, tanto para fins agropecuários como rituais em diferentes culturas. Há 5 mil anos foram desenvolvidos calendários solares, mas as culturas de raízes mais antigas ainda utilizam calendários lunares. Nosso próprio calendário civil



PRIMEIROS MODELOS de luneta astronômica utilizados por Galileu, expostos no Instituto e Museu da História da Ciência, em Florença, Itália.

[OS AUTORES]

Augusto Damineli, coordenador do Ano Internacional da Astronomia 2009 no Brasil, é professor titular do IAG-USP, onde foi chefe de departamento. Foi também presidente da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) e diretor dos Telescópios Gemini. Trabalha com estrelas de grande massa e é um dos “maridos” de eta Carinae.

Tasso Napoleão é engenheiro químico pela USP e diretor científico da associação amadora REA (Rede Observacional de Astronomia), que se dedica a observações astronômicas e tem 140 associados no Brasil, Portugal, Uruguai, Argentina, Chile, Peru e Equador. Tem larga experiência na condução de projetos de astronomia amadora, incluindo com operação remota de telescópios, tendo descoberto 14 supernovas.

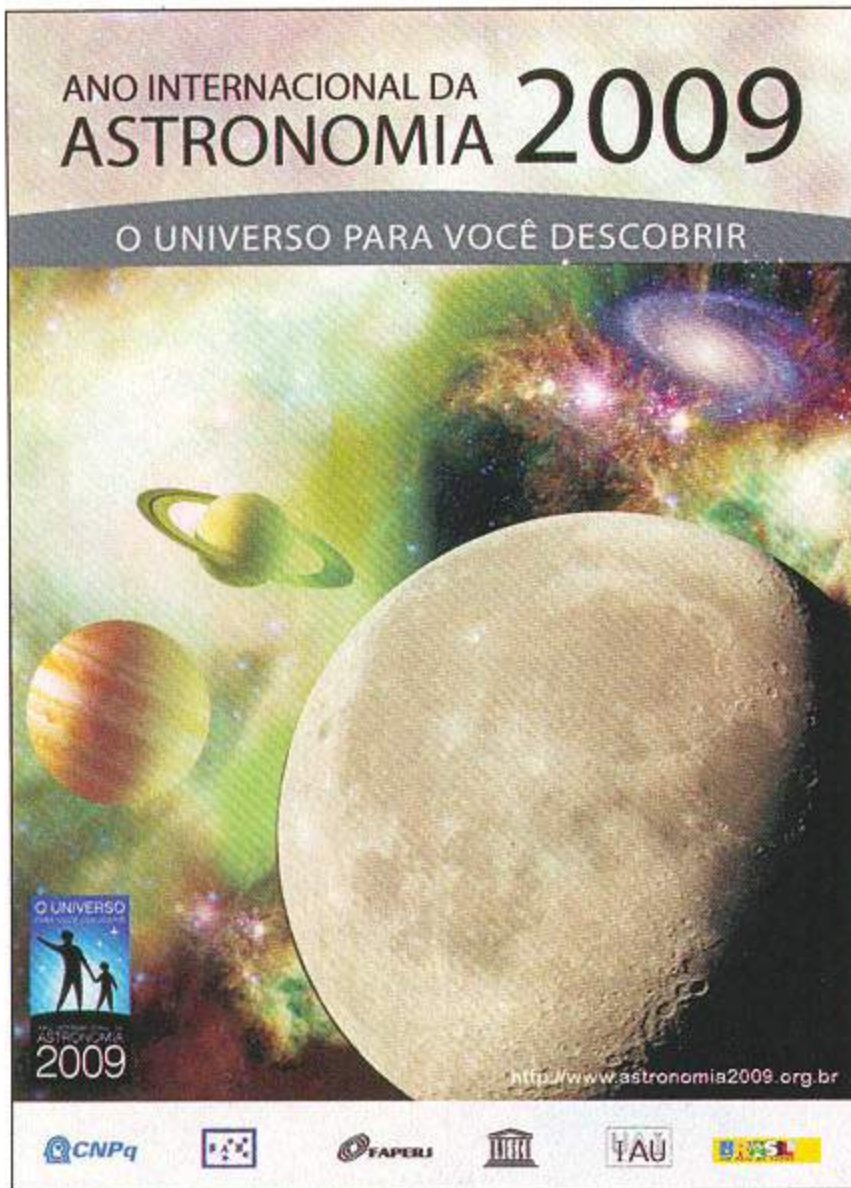
está repleto de festividades originadas de fatos astronômicos, como Ano Novo, Natal, Páscoa, festas juninas, finados. Mas a presença da Lua no nosso cotidiano vai muito além.

Você mora num edifício alto, atravessa viadutos e pontes todos os dias? Para construí-los é necessário o uso de cálculo integral e diferencial, criado por Newton para deduzir a força de atração gravitacional da Terra sobre a Lua.

Você usa computadores, ou chips? Eles foram miniaturizados na corrida espacial para conquistar a Lua. Sua cozinha tem diversos apetrechos e alimentos processados que foram desenvolvidos para essa viagem à Lua. E o que seria da vida moderna sem os satélites artificiais? Como seria a telecomunicação, a supervisão ambiental? Essa tecnologia depende de cálculos astronômicos e de avanços devidos à conquista, cujos 40 anos comemoramos também em 2009. Não pretendemos dizer que esses conhecimentos fossem impossíveis na inexistência da Lua. Mas eles teriam sido mais difíceis de obter e certamente teriam aparecido mais tarde. O conhecimento é dialético e se faz com a interlocução de móveis materiais. A Lua, por ser tão visível e variável, toca o conhecimento humano de forma específica. Há quem defenda que o conhecimento científico destrói a inspiração. Quando Gilberto Gil cantou brincando “poetas se resteiros, namorados correi.. derradeiras noites de luar” ele não quis dizer que o “luar do sertão” tinha perdido a graça. Ele mesmo cantou o luar na forma antiga, Caetano continuou cantando a “lua de São Jorge”. E apareceram outras melodias, com Elton John cantando *Rocket man*, Caetano interpretando *Terra* e Tom Zé a *Reluzente galáxia*.

E as estrelas? Elas estão se apagando pela poluição luminosa. Para que serve iluminar o céu noturno, além de desperdiçar recursos tecnológicos e eliminar um recurso natural tão importante como o céu estrelado?

Um dos programas da IAU em 2009 inclui a recuperação desse recurso natural. Aprendemos muito interpretando a luz das estrelas e temos muito mais a aprender. Sabemos que seus corações de energia funcionam transformando o hidrogênio gerado no Big Bang em átomos mais pesados. Cada tipo de estrela é especializada em um tipo de átomo. Carbono e nitrogênio, por exemplo, que compõem os seres vivos foram plasmados por estrelas um pouco maiores que o Sol, extintas muito antes da formação do Sistema Solar. O ferro emergiu de estrelas 10-20 vezes mais pesadas que o Sol, mortas pelo menos há 12 bilhões de anos. O oxigênio, ainda mais velho, foi formado por estrelas de massa ainda maior. Elas se extinguíram há cerca de 13,5 bilhões de anos. Pode-se dizer que o céu está na Terra e isso é ainda mais



PÔSTER PARA DIVULGAÇÃO do Ano Internacional da Astronomia (à esquerda). Membros do Clube de Astronomia de São Paulo (Casp) mostram telescópios à disposição da população na avenida Paulista (acima e à direita). Exposições integram projetos de sensibilização.

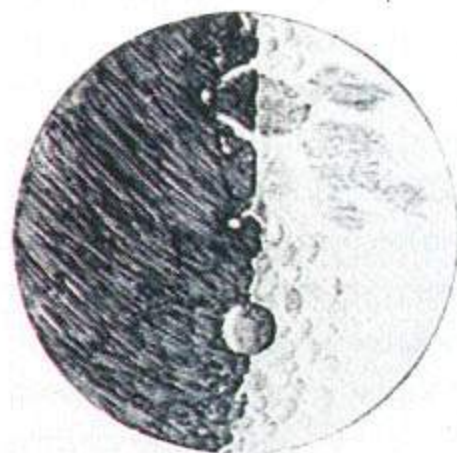
verdadeiro quando descobrimos que a água que bebemos diariamente foi trazida por cometas que sobraram da formação de Júpiter e Saturno. Sabíamos que a Terra estava no céu desde a revolução copernicana, quando nossa intimidade com os planetas foi reconhecida. Hoje, sabemos que o céu está na Terra, tornando-nos íntimos das estrelas.

Ampliação do Olhar

Há um século, mal tínhamos idéia da existência de nossa própria galáxia e, hoje, sabemos que existem centenas de bilhões delas dentro do limite de visibilidade do Universo e somos capazes de avaliar a velocidade da desabalada carreira com que elas se afastam umas das outras. Podemos medir com precisão a idade, estrutura interna e composição química dos astros e do próprio Universo. Descobrimos um verdadeiro “zoológico” de criaturas cósmicas, variando entre densidades tão altas quanto a do núcleo atômico, ou vácuo menor que o obtido em laboratórios. Os ambientes incluem temperaturas de bilhões de graus às proximidades do zero absoluto. O céu é um imenso e diversificado laboratório.

Depois de revelar nossa intimidade com as estrelas, a astronomia mostrou, mais recentemente, outra realidade impressionante: que todas as formas de matéria e energia tratadas pela física são uma minúscula fração do Universo (4%), em oposição aos do-

DESENHO DA LUA feito por Galileu baseado em observações com sua primeira luneta, em 1609, e publicado no livro *Mensageiro das estrelas*.



mínios da matéria “escura” e energia “escura”, cuja estranha natureza desconhecemos quase inteiramente a não ser, por exemplo, que a energia escura é repulsiva, ao contrário da gravidade, que é atrativa. Não tínhamos, há umas poucas décadas, meio de demonstrar que muitas estrelas têm, ou podem ter, sistemas planetários. Agora temos catalogados mais de 200 planetas extra-solares. Neste início de milênio, nos colocamos um novo desafio, o de detectar vida em outros planetas e verificar se ela é um produto de leis naturais da evolução da matéria, como prediz o evolucionismo, ou requer uma intervenção externa, como grande parte da humanidade ainda acredita.

Qualquer que seja a resposta a esta pergunta, o impacto no pensamento humano será enorme e isso tudo pode acontecer em poucas décadas.

O que Galileu teria observado em 1609? Podemos, de fato, reproduzir as suas observações quatro séculos após, observando desde grandes cidades poluídas e quase sempre inadequadamente iluminadas?

Em março de 1610, Galileu – um modesto professor de matemática na Universidade de Pádua, publicou um pequeno livro de apenas 24 páginas, com o título de *Sidereus nuncius* (O mensageiro das estrelas). Nele, descreveu minuciosamente suas descobertas astronômicas: a Lua não tem uma superfície esférica perfeita e lisa como supunham os

filósofos aristotélicos, mas exibe um relevo como a Terra, “com montanhas elevadas, vales e cavidades profundas”. Algumas dessas “cavidades” (crateras, como conhecemos hoje) foram desenhadas em detalhes por Galileu.

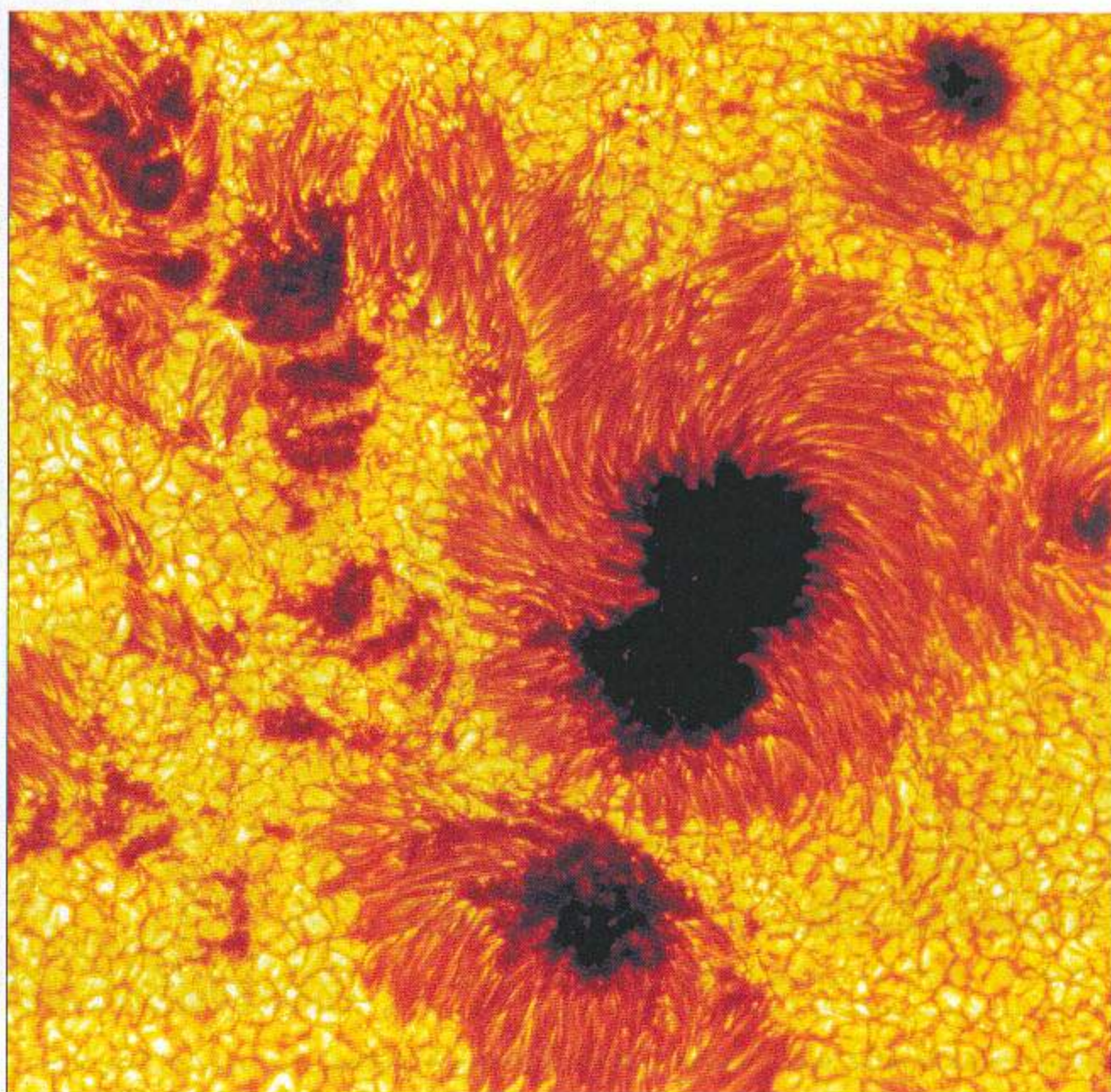
Vênus, descobriu Galileu, tem fases, como a Lua – um claro indício de seu movimento em torno do Sol, e não da Terra como defendia o modelo geocêntrico. A mancha esbranquiçada conhecida como Via Láctea é formada por um “amontoado incontável de estrelas”. Galileu notou também que as próprias estrelas, ao contrário dos planetas, não se mostram como pequenos discos circulares, mas como “chamas que cintilam e brilham”; e que o seu número aumenta significativamente quando observados com uma pequena luneta.

Estrelas em Torno de Júpiter

Finalmente, ele descobriu quatro “estrelas” que acompanhavam Júpiter, “nunca vistas desde o princípio do mundo”. Noite após noite, Galileu registrou as posições dessas “estrelas” relativas ao planeta, chegando à conclusão de que se trata de luas que orbitam Júpiter, assim como nossa Lua gira em torno da Terra. Mais um bom argumento em favor do sistema heliocêntrico. Galileu chamou esses satélites de “astros mediceus”, em uma homenagem a Cósmo II, o grão-duque da Toscana e líder da família Médici – a quem ele dedicou o livro. Se era uma estratégia, funcionou bem. Cósmo II o nomeou “primeiro matemático e filósofo do grão-duque de Toscana” e “primeiro matemático da Universidade de Pisa”, sem obrigação de residência nem de ensino. E, além disso, a repercussão do *Sidereus nuncius* foi extraordinária: Galileu ganhou o apoio imediato e entusiasmado de Johannes Kepler e de vários astrônomos do Colégio Romano dos Jesuítas e outros padres da mesma ordem, à época, a elite intelectual da Igreja Católica.

Sentindo-se fortalecido por esse prestígio, Galileu publicou três anos depois *Storia e dimostrazione intorno alle macchie solar e loro accidenti* (“História e demonstração sobre as manchas solares e suas propriedades”). Neste trabalho argumentou que as manchas escuras observadas sobre o disco solar tinham a natureza de “vapores, ou emanações”. Acreditou então que havia reunido evidências experimentais suficientes para defender publicamente o modelo heliocêntrico de Copérnico, de quem era admirador. A reprodução das observações feitas por Galileu é uma das preocupações do Ano Internacional da Astronomia.

O programa “Observando o céu” será basicamente organizado pela comunidade dos astrônomos amadores, com a colaboração de equipes dos plane-



OBSERVAÇÃO DE MANCHAS solares, realizada por Galileu, também integrou conjunto de argumentos contrários à concepção aristotélica da perfeição das formas no que se conhecia como “esfera das estrelas fixas”.

Com ajuda da luneta Galileu identificou a mancha leitosa da Via Láctea como uma enorme concentração de estrelas individuais

tários e de universidades nas cidades em que elas existam. Como parte das comemorações foi feito um cadastramento de associações amadoras, reunindo cerca de 130 grupos. Em cada cidade onde houver uma dessas associações amadoras, deverá haver, ao longo de 2009, sessões públicas de observação, com intenção de reproduzir as observações de Galileu. Os interessados poderão conhecer esse calendário consultando o website brasileiro do Ano Internacional (<http://www.astronomia2009.org.br/>). No link “Agenda Astronômica” do site há um calendário com todos os eventos programados, além de informações para que o público interessado possa participar. Todo o trabalho será voluntário e os telescópios para as observações devem ser oferecidos pelas associações amadoras, que – em conjunto com as universidades, observatórios, museus de ciência e planetários – formam os “nós” da Rede Brasileira para o AIA2009.

Sabemos que Galileu não foi o inventor do telescópio: essa invenção veio certamente da Holanda (em outubro de 1608 havia, em Haia, dois pedidos de patentes de pequenas lunetas – um de Hans Lippershey, de Middelburg, e o outro de Jacob Metius, de Alkmaar). Eram instrumentos rudimentares, capazes de aumentar três vezes o tamanho aparente dos objetos. Essa foi a informação que chegou a Galileu,

que construiria sua primeira luneta (também com três aumentos) em junho de 1609. O segundo desses instrumentos (com oito aumentos) estava concluído em agosto. A luneta (com magnificação de 20 vezes) é de outubro de 1609. Foi com essa última que Galileu observou a Lua, as estrelas e a Via Láctea e descobriu os satélites de Júpiter. O progresso da óptica, no entanto, fará com que as observações agora sejam muito superiores às de 400 anos atrás.

Apagamento do Céu

Mas o mesmo não se pode dizer das condições do céu – principalmente nas grandes cidades. Nas grandes cidades, apenas a Lua, cinco planetas e um conjunto de estrelas mais brilhantes são visíveis a olho nu. Nas áreas rurais, algo em torno de duas mil estrelas – um terço do que normalmente se veria com céus perfeitamente escuros – podem ser observadas. Essa situação não é só no Brasil: estima-se que dois terços da população da Europa e dos Estados Unidos não têm acesso ao céu estrelado. Durante o AIA2009 será feito um esforço global para produção do primeiro mapeamento da poluição luminosa que literalmente apaga o céu. Esse mapa deve orientar projetos de economia de energia elétrica e proteção da noite escura.

Se você mora numa grande cidade, certamente não conseguirá observar a Via Láctea em nenhuma época do ano. Nesse caso não haverá alternativa senão deslocar-se para locais mais escuros. Nesse caso, dê preferência aos meses entre maio e setembro, e evite as noites de lua cheia. Para as regiões Sudeste e Sul do Brasil, o centro da Via Láctea passa não muito distante do zênite (o ponto diretamente acima de nossas cabeças) nos meses de junho a agosto, sempre na faixa de horário escolhida (as primeiras horas da noite).

As melhores noites para observação de crateras e acidentes da Lua, ao contrário do que geralmente se pensa, não são as noites de lua cheia, mas as próximas ao quarto crescente. Além de a Lua, nesta fase, encontrar-se ainda alta no céu nas primeiras horas da noite, o contraste entre os diversos acidentes lunares visíveis (crateras, montanhas, planícies etc.) é maior, possibilitando belíssimas imagens ao telescópio.

No início de 2009 Vênus será o astro mais brilhante (com a exceção da Lua) logo ao cair da noite. Visível no horizonte Oeste, logo após o pôr-do-Sol, o melhor período para a observação de Vênus será nos meses de janeiro e fevereiro. Ao telescópio, o pequeno “crescente” do planeta – exatamente como observou Galileu – se tornará cada vez mais fino nesse período. A partir de início de março, a observação se torna a cada dia mais difícil, até que, em fins desse mês, ocorre a conjunção. A partir de

meados de abril, Vênus volta a ser visível, mas agora de madrugada, a leste, antes do nascer do Sol – situação em que o planeta é chamado popularmente de “estrela d’alva”.

Saturno, o belo planeta dos anéis, será melhor visualizado no início da noite entre os meses de março e junho. Em 2009, entretanto, ele será visto “de perfil” – configuração que só ocorre a cada 14 anos. Como a espessura dos anéis é muito fina em relação ao diâmetro do planeta, em pequenos telescópios poderá haver a impressão de que eles simplesmente desapareceram. A variabilidade da aparência dos anéis ao longo do tempo, quando vistos da Terra, decorre da inclinação do eixo de rotação de Saturno em relação a seu plano orbital e só foi explicada em 1655 pelo físico e astrônomo holandês Christiaan Huygens. Aliás, Saturno, para Galileu, foi um enigma: ele imaginou que se tratasse de um “planeta triplo”, pois a resolução de seu telescópio não permitia identificar os anéis. Huygens explicou tanto a natureza dos anéis como descobriu Titã, a maior lua de Saturno.

Júpiter em Evidência

Júpiter será uma das atrações do Ano Internacional da Astronomia – particularmente no Hemisfério Sul, pois o planeta estará posicionado favoravelmente para as nossas latitudes. A partir de junho, e até o fim de 2009, Júpiter estará bem posicionado na nossa faixa de horários escolhida (as primeiras horas da noite). Poderão ser observados facilmente os quatro satélites descobertos por Galileu (Io, Europa, Ganimedes e Calisto, nomes sugeridos por Kepler), assim como seus eclipses, ocultações e trânsitos pelo disco de Júpiter. A “dança” da posição dos satélites, registrada por Galileu, poderá ser reproduzida com os menores telescópios. Esses quatro satélites hoje são chamados também de “Satélites galileanos”, em homenagem ao genial físico, matemático e astrônomo italiano.

Uma recomendação importante. O Sol nunca deverá ser observado diretamente através de instrumentos ópticos (lunetas, binóculos ou telescópios). Uma tentativa como essa provoca queimadura da retina e da córnea com perda irremediável da visão. Também não devem ser usados “filtros improvisados”, como chapas de raios X, vidros de soldador etc. Observar o Sol só é possível pelo recurso da projeção, quando se olha para o disco solar projetado sobre um anteparo (neste caso, o observador fica *de costas* para o Sol, olhando para a imagem projetada). De qualquer forma, 2009 será péssimo para a observação do Sol, próximo ao mínimo de seu ciclo de atividade. Ou seja, dificilmente haverá qualquer mancha ou detalhe para ser observado. ■



GALÁXIAS EM COLISÃO nas profundezas do espaço. Instrumento de Galileu não tinha resolução suficiente para observações extragalácticas. Progresso da óptica, em 400 anos, revolucionou a astronomia observacional.

PARA CONHECER MAIS

www.astronomia2009.org.br

Galileu, uma vida. James Reston Jr. Editora José Olympio, 1995.

A filha de Galileu. Dava Sobel. Cia das Letras, 2000.

Universo. Enciclopédia de Astronomia. Duetto Editorial, 2008

Como os peixes voltam exatamente para a mesma corredeira onde nasceram, na época da desova?

Megan McPhee, professora assistente de pesquisa da Estação Biológica do Lago Flathead, da University of Montana, responde:

Esse comportamento é melhor exemplificado no caso do salmão, que combina navegação convencional em águas abertas e um aguçado olfato para encontrar o caminho de volta. Os salmões podem migrar para o mar aberto para se alimentar durante vários anos antes de voltar para desovar na mesma corredeira, às vezes no mesmo trecho do rio onde nasceram.

Não se sabe exatamente como os salmões retornam à mesma região da costa. Parece que usam algum tipo de navegação com “mapa e bússola” baseada na informação sobre posição e direção do rumo a seguir. Essa informação decorre provavelmente de um conjunto de pistas ambientais, como duração do dia, posição do Sol e polarização da luz, que depende da direção de onde ela vem no céu, do campo magnético terrestre e dos gradientes de salinidade e temperatura da água. Na época da desova, os salmões mostram uma tendência inata de se orientarem em direção à costa onde seu curso natal de água desemboca.

Uma série de experimentos iniciados nos anos 50 demonstra que salmões tornam-se particularmente sensíveis ao odor químico próprio de seu local de origem quando entram no período de “adolescência” (entre 1 e 3 anos de idade, e começam a migrar rio abaixo em direção ao mar). Os odores que os jovens salmões experimentam durante esse período de sensibilidade apurada são armazenados no cérebro e são importantes lembranças para sua orientação, quando, já adultos, tentam voltar à corredeira de origem.

Salmões que nasceram em uma corredeira e depois foram transferidos para uma incubadora durante o estágio de adolescência, voltaram na idade adulta para a incubadora, demonstrando o papel decisivo das memórias gravadas durante esse período de transformação.

Muitos salmões selvagens passam mais de um ano em água doce e se deslocam por distâncias consideráveis, atravessando ambientes complexos, na época em que eram adolescentes. Ao contrário deles, os salmões de incubadoras gravam lembranças de ambientes muito mais simples, o que pode explicar por que eles tendem a se extraviar (retornar à corredeira “errada”) com mais frequência que os peixes selvagens.



Se a Terra dá uma volta em torno de seu eixo em 23h56m, mas o dia tem 24 horas, por que, após um determinado período, o meio-dia não vira meia-noite?

Enos Picazzio, do Instituto Astronômico, Geofísico e de Ciências Atmosféricas da USP responde:

A Terra tem dois movimentos: rotação e translação. A rotação representa uma volta completa em torno de si mesma (ou de seu eixo) e isso ocorre em exatamente 23h56m 04,09s (ou 23,9344944 horas). Esse período é chamado dia sideral. A translação representa uma volta completa da Terra em torno do Sol e ocorre em 8.765,813 horas. Esse período é chamado ano sideral. Enquanto a Terra gira em seu eixo, ela também percorre uma parte de sua órbita em torno do Sol. Ou seja, a posição aparente do Sol muda a cada dia. O período entre duas posições sucessivas do Sol é chamado dia solar verdadeiro. O relógio solar obedece essa regra; a sombra de uma haste iluminada pelo Sol marca a hora solar verdadeira, que raramente coincide com a hora dos relógios. Se a órbita da Terra fosse circular, ela a percorreria sempre com a mesma velocidade e o dia solar verdadeiro teria sempre a mesma duração. Ocorre que ela não é circular, mas ligeiramente alongada. É uma elipse. Nesse caso, a velocidade da Terra não é constante. Kepler mostrou isso com sua segunda lei (Lei das Áreas) e Newton a provou em sua teoria da gravitação. A velocidade da Terra em sua órbita é maior no início de janeiro, quando tem a máxima aproximação do Sol (periélio), e menor no início de junho, quando atinge o maior afastamento (afélio). Com isso, o dia solar verdadeiro varia cerca de 15 minutos, para mais e para menos, mas seu valor médio, chamado dia solar médio, é de 24 horas. Portanto, dividindo-se 8.765,813 horas (duração do ano em horas) por 24 horas (dia solar médio) teremos 365,2422 dias solares médios (duração do ano em dias). Como o resultado não é um número inteiro, consideramos o ano como tendo 365 dias e introduzimos um dia a mais, nos anos bissextos, para compensar a diferença. ■

Envie suas perguntas para redacaosciam@duettoeditorial.com.br

Onde Você Está? Por Mark Fischetti

Entre a infinidade de produtos eletrônicos disponíveis no mercado, um deles tem atraído especificamente a atenção dos consumidores: os receptores GPS capazes de informar aos usuários a sua exata localização na superfície da Terra. As possibilidades de escolha variam entre navegadores de bordo para automóveis e embarcações; navegadores de bolso; “companheiros de golfe” que indicam a distância entre o jogador e o “green” e as faixas de areia. Mas os mais requisitados ainda são os telefones celulares, com novas opções e cada vez mais sofisticados. Agora os transponders GPS também rastreiam criminosos em liberdade condicional, animais de estimação perdidos, elefantes migratórios ou geleiras em retração.

Conforme avalia o professor de aeronáutica e astronáutica da Stanford University, Per K. Enge, uma conjunção de três fatores está expandindo o mercado, apesar de os satélites de posicionamento emitirem sinais há décadas. O tamanho do circuito interno do receptor diminuiu. Os fabricantes de circuitos estão vendendo o hardware às empresas consumidoras de produtos eletrônicos por menos de US\$ 5 a unidade. “E a Apple conseguiu visibilidade”, observa Enge, “ao inserir o GPS no iPhone.” Os consumidores adoraram, o que prova que havia essa expectativa.

Apesar de muito mais compactos, a precisão dos navegadores pessoais portáteis se mantém a mesma – de cinco a 10 metros – há anos. Sua precisão só vai melhorar depois que os satélites que circundam o planeta forem aprimorados. Cada um dos satélites atuais envia um único sinal de radiofrequência aos receptores de uso comer-

cial, que combinam então os sinais de outros quatro satélites a fim de determinar a posição do usuário (*ver ilustração principal*). Mas a ionosfera pode provocar pequenos atrasos aleatórios na transmissão, introduzindo erros nos cálculos das distâncias. Na próxima geração de satélites cada um deles enviará três sinais em três frequências ligeiramente diferentes, fornecendo aos receptores os dados necessários para neutralizar esses atrasos, o que resulta numa precisão inferior a 50 cm. O primeiro satélite com três frequências estará pronto para ser lançado ainda este ano.

Mas usuários comuns necessitam dessa exatidão? Talvez não, mas topógrafos e cientistas podem precisar. Ainda mais atraentes, garante Enge, são os sistemas que garantem bom funcionamento em grandes cidades e ambientes fechados. Receptores GPS não funcionam bem nesses lugares porque edifícios, telhados e paredes bloqueiam ou espalham os sinais incidentes. GPS, chamados híbridos, ou ampliados, que estão sendo lançados também captam sinais de televisão, telefones celulares ou Wi-Fi (acrônimo de Wireless Fidelity) das vizinhanças, pois esses transmissores fornecem receptores com dados adicionais de posição (*ver ilustração à direita, embaixo*). Esses sinais podem penetrar em vales urbanos e em edifícios. Analogamente, pequenos transmissores espalhados por todos os lados em arranha-céus solucionarão, finalmente, o recorrente “problema da verticalidade”, que os GPS atuais não conseguem resolver: determinar não só que um usuário está no Empire State Building, mas também se ele se encontra no 7º ou no 70º andar.

➔ **SATÉLITES:** antenas transmitem sinais na banda-L (1 a 2 gigahertz). A qualquer momento há até 32 satélites orbitando em torno da Terra a cerca de 20.200 km de distância; permanecem ativos enquanto o hardware funcionar – cerca de 10 a 12 anos – e então são substituídos.



➔ **HÍBRIDO** ou ampliado, o GPS supera obstáculos que bloqueiam sinais normais GPS em cidades e locais fechados. Um receptor equipado com software adicional capta sinais transmitidos por estações de TV ou celulares das vizinhanças que fornecem sua exata posição e combinam esse sinal com qualquer dado GPS disponível para calcular a localização do receptor. Transmissores Wi-Fi também podem ajudar.

VOCÊ SABIA...

TRÊS NOVAMENTE: As descrições mais simples de GPS mostram que a tecnologia usa triangulação para determinar uma posição na superfície da Terra. Matematicamente falando, o sistema usa a trilateração. A triangulação determina a posição pela medida de ângulos de triângulos formados entre o observador e três pontos conhecidos. A trilateração determina a posição medindo a distância do observador a três pontos conhecidos; os sinais de tempo enviados pelos satélites GPS (os pontos conhecidos) para um receptor determinam as distâncias.

SATÉLITES EXCLUSIVOS: O sistema GPS (americano) é formado por mais de 24 satélites Navstar. Embora possa oferecer serviços em qualquer ponto do planeta, algumas nações preferem ser independentes. A Rússia tem sua própria constelação chamada Glonass; iniciada durante a Guerra Fria, começou a decair no início da década de 2000, mas está sendo reativada. A Europa espera completar o sistema Galileu por volta de 2013. A China está enviando o hardware Compass para o espaço. A Índia quer completar o IRNSS por volta de 2012 – com uma quantidade de satélites suficiente apenas para cobrir sua região. E o Japão vai enviar três satélites conhecidos como QZSS para ampliar a cobertura GPS sobre seu território.

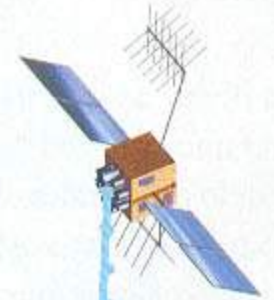
GEORGE RETSECK



→ **PRODUTOS** como os navegadores pessoais desenvolvidos pela Garmin (à direita) e telefones celulares com GPS são campeões de vendas. Os iPhone 3G (à esquerda) exibem mapas do Google e utilizam GPS para localizar sua posição, indicando as direções, passo a passo.



→ **O GPS** funciona melhor em espaços abertos. O receptor mede o tempo necessário para um código digital se propagar de três satélites até ele e calcula a distância a cada um deles. A intersecção das distâncias determina um ponto sobre a superfície da Terra. Cada satélite contém um relógio atômico que fornece padrões de tempo precisos, mas os receptores podem trabalhar com relógios de quartzo, que são menos precisos, introduzindo possíveis erros. Nesse caso, o receptor obtém dados de tempo de um quarto satélite, e corrige as três distâncias medidas.



Medida de distância inicial

Medida de distância corrigida

Sinais de tempo

Transmissor de celular

Transmissor Wi-Fi

Posição aproximada

Posição corrigida

Em Busca do Tempo Perdido

Antes de começar a tratar seres humanos com células-tronco embrionárias, precisamos resolver questões fundamentais

POR LYGIA DA VEIGA PEREIRA



A obtenção da primeira linhagem de células-tronco (CTs) embrionárias humanas no Brasil, a BR-1, contribuiu para o avanço das pesquisas nacionais e nos libera de restrições de importação

O ano de 2008 será lembrado como um período de grandes altos e baixos. Deixo os baixos – e que baixos! – por conta da crise deflagrada pelo estouro da bolha de ganância do mercado financeiro – e fico por aqui neste assunto para não correr o risco de falar do que não compreendo bem e, pior, de perder o interesse do leitor.

Vamos comemorar os altos, especificamente o “final feliz” da trajetória política e científica das pesquisas com CTs embrionárias humanas no Brasil. Não custa repetir: as embrionárias são o tipo mais versátil de CTs até hoje identificadas em mamíferos, com capacidade de dar origem a qualquer tecido do corpo. Quando transplantadas em animais doentes, essas células são capazes de aliviar os sintomas de diversas doenças, desde Parkinson até diabetes. Porém, como são retiradas de embriões produzidos por fertilização *in vitro* (FIV), são foco de grande polêmica no mundo todo.

Este ano comemoramos o fim dessa polêmica no Brasil – pelo menos do ponto de vista legal. Depois de três anos de análise, a Lei de Biossegurança de 2005, que permite o uso para pesquisa de embriões inviáveis, ou que estejam congelados há pelo menos três anos, foi finalmente consagrada e considerada constitucional pelo Supremo Tribunal Federal (STF). Essa decisão não significa que a partir de agora podemos tratar pacientes com as CTs embrionárias – antes de começarmos mesmo os testes clínicos em seres humanos, temos algumas questões fundamentais que devem ser re-

solvidas para que esses tratamentos sejam seguros. Mas ela deixou de uma vez por todas claro que o Brasil é um país laico, com uma política de desenvolvimento científico moderna, sintonizada com os modelos praticados pelos países mais desenvolvidos. Passamos a integrar o grupo que investe na promessa terapêutica de todos os tipos de CTs, incluindo as embrionárias, composto por Estados Unidos, Reino Unido, França, Israel, Suécia, China, Japão e Austrália, entre outros. Além disso, com o fim do debate legal, mais grupos de pesquisa no Brasil deverão passar a trabalhar também com as CTs embrionárias.

Uma boa notícia leva a outra: logo em seguida, o governo federal anunciou o investimento de mais R\$ 21 milhões em pesquisas com CTs, e a criação da Rede Nacional de Terapia Celular, com os objetivos de estruturar o esforço nacional de pesquisa em terapia celular, ampliar a geração de conhecimento por meio de uma maior interação na comunidade científica e qualificar novos profissionais. Essa rede deve criar uma grande sinergia entre os grupos brasileiros, acelerando o ritmo das pesquisas com células-tronco no país.

Finalmente, em outubro de 2008, nosso grupo anunciou o estabelecimento da primeira linhagem de CTs embrionárias humanas no Brasil, a BR-1 – ou seja, conseguimos extrair aquelas 50-100 células pluripotentes de um embrião descongelado, cultivá-las e multiplicá-las em milhões de células, que agora podem ser usadas para pesquisa por vários grupos brasileiros. Apesar de não ser inédito no mundo – afinal, as primeiras linhagens de CTs embrionárias humanas surgiram nos Estados Unidos em 1998, esse é um feito de grande importância para o país. Adquirimos autonomia em relação às pesquisas com CTs embrionárias, que antes dependiam do recebimento de células de grupos estrangeiros,

amarradas a várias restrições de patentes. Passamos a dominar todos os processos envolvidos no uso terapêutico das CTs embrionárias, desde a retirada daquelas poucas células de um embrião até a transformação dessas células em neurônios capazes de tratar um camundongo com lesão de medula.

Mas, e os nossos pacientes? Quando poderão ser tratados com as CTs embrionárias? Por incrível que pareça, apesar dos ótimos resultados terapêuticos dessas células em várias doenças em modelos animais, no mundo todo ninguém recebeu ainda uma injeção de CTs embrionárias. Algumas empresas americanas comunicaram ter desenvolvido tratamentos seguros com essas células e já pediram licença para iniciar testes em seres humanos – provavelmente este ano. Assim, finalmente, sabemos se a promessa terapêutica dessas células se cumpre nos pacientes.

Como os leitores podem ver, o que chamei de “final feliz” foi na verdade um começo muito entusiasmado da busca pelo tempo perdido nas pesquisas com CTs embrionárias no país. Com a primeira linhagem brasileira – BR-1 – recuperamos bastante o atraso. Este ano seguiremos neste ritmo, contando com um governo comprometido com políticas bem definidas de prioridades nas pesquisas com células-tronco, unindo forças e criando condições para transformá-las numa realidade terapêutica em benefício de toda a população. ■

Lygia da Veiga Pereira, professora livre-docente e chefe do Laboratório de Genética Molecular do Instituto de Biociências, USP; é autora dos livros Clonagem: da ovelha Dolly às células-tronco e Sequenciaram o genoma humano... E agora?, Editora Moderna.