

CIÊNCIA HOJE

REVISTA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO CIÊNCIA HOJE

NÚMERO 330 | VOLUME 55 | OUTUBRO 2015 | R\$ 10,95



MEMÓRIA APAGADA

O desafio da preservação de documentos digitais

O manipulador de células

Stevens Rehen fala de suas pesquisas com reprogramação celular e organoides

ATENÇÃO PARA O CERRADO

Bioma requer estratégia de conservação adequada a sua rica diversidade

Vida luminosa

Segredos dos seres que brilham no escuro

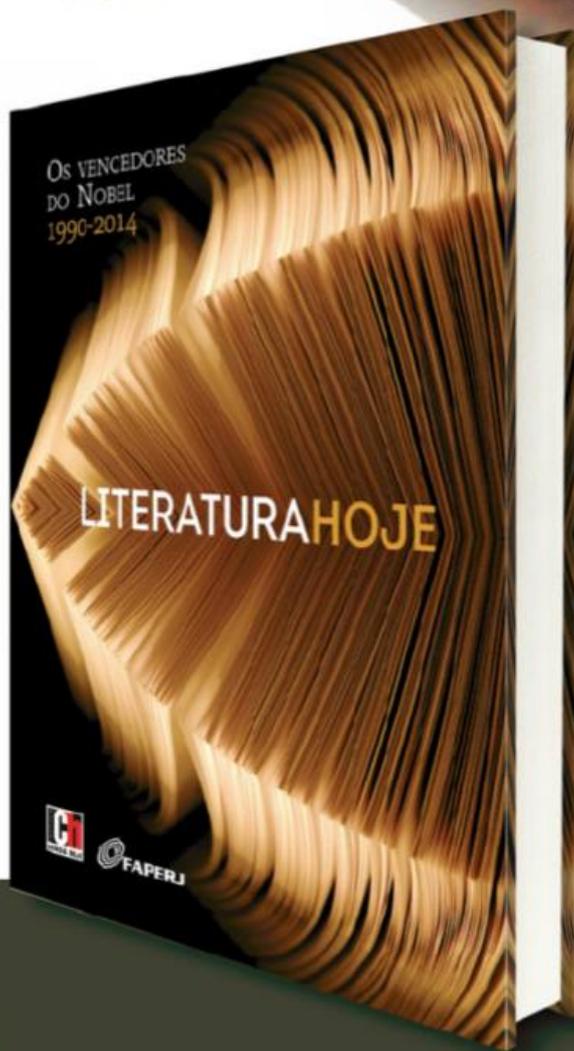


LITERATURAHOJE

OS VENCEDORES DO NOBEL 1994-2014

Os ensaios breves reunidos neste livro oferecem um panorama das tendências literárias mundiais dos últimos 25 anos

.....
**A obra é um convite
à reflexão sobre as escolhas
polêmicas da Comissão
Nobel de Literatura**



PEÇA JÁ SEU EXEMPLAR

.....
0800 727 8999
.....

www.cienciahoje.org.br

**VISITE NOSSA
LOJA VIRTUAL**

INSTITUTO CIÊNCIA HOJE | Sociedade civil sem fins lucrativos. O Instituto tem sob sua responsabilidade a publicação das revistas Ciência Hoje e Ciência Hoje das Crianças, CH on-line (internet), Ciência Hoje na Escola (volumes temáticos). Mantém intercâmbio com a revista Ciencia Hoy (Corrientes 2835, Cuerpo A, 50 A, 1193, Buenos Aires, Argentina, tels.: 005411 4961-1824/4962-1330). Conta com o apoio da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/CNPq), da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

ISSN: 0101-8515

DIRETORIA

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

CIÊNCIA HOJE | SBPC

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

REDAÇÃO

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

ARTE | Ampersand Comunicação Gráfica S/C Ltda.

(ampersand@ampersanddesign.com.br)
Diretora de Arte | Claudia Fleury
Programação Visual | Henrique Viviani e Raquel P. Teixeira
Computação Gráfica | Luiz Baltar

SUCURSAIS

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

PUBLICIDADE | Sandra Soares (gerente) | Rua Dr. Fabrício Vampre, 59, Vila Mariana, CEP 04014-020, São Paulo, SP. Telefax: (11) 3539-2000 (cienciasp@cienciahoje.org.br).

Circulação e assinatura | Gerente | Fernanda L. Fabres. Telefax: (21) 2109-8960 (fernanda@cienciahoje.org.br)

REPRESENTANTES COMERCIAIS

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

EXPEDIÇÃO | Fernanda Fabres

IMPRESSÃO | EDIGRAFICA

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

APOIO:



A luz da natureza

Nuvens luminosas, manchas brilhantes, lanternas que cintilam... Esse fantástico espetáculo pode ser apreciado em matas, coqueirais e cerrados brasileiros em noites de lua nova. Os personagens do belo cenário que compõem a bioluminescência terrestre são seres vivos com o dom especial de emitir luz. E, curiosamente, luz fria.

A lista das espécies desses seres luminosos inclui fungos, vermes, medusas, vaga-lumes, pirilampos e outros animais. Ao longo da evolução, surgiram vários organismos capazes de emitir luz visível e de, por meio dela, se comunicar com indivíduos da mesma espécie, bem como de perceber suas presas e seus predadores.

Além da beleza que proporciona, a bioluminescência tem várias aplicações nas engenharias, biomedicina, bioquímica e ciências ambientais. Baseada nela, é possível produzir sensores de luz ultrasensíveis, analisar amostras, moni-

torar a contaminação bacteriana e detectar alvos clínicos de interesse, entre tantos outros usos.

Assim, é lamentável saber que essa paisagem ímpar no planeta está em processo de extinção. E que nós somos responsáveis por ele.

A redação



CAPA: BIOLUMINESCÊNCIA EM ÁGUA-VIVA. MONTEREY BAY AQUARIUM. FOTO DE CHRIS FAVERO/ CC BY-SA 2.0

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

**O Programa Mais Médicos
é muito mais que médicos.
Você que sonha em ser médico,
esse é o caminho cheio
de oportunidades.**



- Mais 11.400 vagas para medicina até 2017.
- 5.200 vagas já autorizadas e um novo currículo de medicina.
- Expansão de vagas de residência médica em andamento. E, a partir de 2019, cada médico formado terá garantida a sua vaga de residência.

Acesse maismedicos.gov.br e informe-se sobre os novos cursos de medicina, vagas de graduação e residência médica.

O Brasil do Mais Médicos é o Brasil que cuida, educa e avança.

MAIS MÉDICOS
PARA
O BRASIL



MAIS SAÚDE
PARA
VOCÊ



Uma Pátria Educadora se faz com mais acesso à educação.

Ministério da
Saúde

Ministério da
Educação

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

CH ON-LINE	5	
O LEITOR PERGUNTA	6	Por que algumas pessoas sofrem mais com picadas de insetos do que outras? O chamado arroz negro é da mesma espécie do arroz branco? Ele tem vantagens nutritivas em relação ao branco? Para melhorar a recepção de uma rádio FM, devemos alterar o tamanho da antena segundo a frequência dessa rádio?
ENTREVISTA	10	STEVENS REHEN O SENHOR DOS ORGANOIDES Neurocientista fala de suas pesquisas com minicérebros e reprogramação celular
CIDADE INTEIRA	14	DANOS À CULTURA E À CIDADE Produção estrangeira faz bem à arquitetura brasileira?
MUNDO DE CIÊNCIA	15	
A PROPÓSITO	21	ENTRE A IGNORÂNCIA E O PRECONCEITO Uso médico da maconha divide sociedade e legisladores

LUZES VIVAS DA NOITE – O ESPETÁCULO DA BIOLUMINESCÊNCIA TERRESTRE

22 De nuvens com pontos luminosos a lanternas cintilando no solo, em árvores e cupinzeiros, são vários os exemplos desse fenômeno na Terra.
Por Etelvino Bechara, Cassius V. Stevani e Anderson G. de Oliveira



22

DOCUMENTOS DIGITAIS: O DESAFIO DA PRESERVAÇÃO

28 A velocidade da evolução tecnológica, que torna equipamentos e programas rapidamente obsoletos, cria obstáculos à longevidade dos documentos digitais, o que exige a adoção de metodologias de preservação de longo prazo.
Por Henrique Machado dos Santos e Daniel Flores

CERRADO: TERRA INCÓGNITA DO SÉCULO 21

32 Considerado a savana mais rica do mundo, o cerrado apresenta elevado grau de destruição, sendo uma área prioritária de conservação.
Por Ludmilla M. S. Aguiar, Ricardo B. Machado, Renata D. Françoso, Ana Carolina Neves, Geraldo Wilson Fernandes, Fernando Pedroni, Maryland S. Lacerda, Guilherme B. Ferreira, Joaquim de Araújo Silva, Mercedes Bustamante e Soraia Diniz



32

ÍONS NEGATIVOS LIVRES – DAS CHAMAS DE UMA VELA ÀS LUAS DE SATURNO

36 Estudo desses fragmentos de matéria dotados de carga elétrica ajuda a entender fenômenos terrestres corriqueiros, assim como o meio interestelar.
Por Ginette Jalbert, Yuri Muniz e Nelson V. de Castro Faria

OPINIÃO	46	TONINHA: MAIS UMA VÍTIMA DA TRÁGICA LEGISLAÇÃO PESQUEIRA NO BRASIL Perda de diversidade marinha no país pode ser inevitável
	48	BELO MONTE: TENSÃO IMINENTE Contagem regressiva de entrada em operação da usina hidrelétrica gera impasse
CRÍTICA	50	A GENÉTICA ASSASSINADA Filme <i>Hitman: Agente 47</i> frustra o espectador que busca algo além da ação frenética
ENSAIO	52	MALÁRIA: ENTRE HUMANOS E AVES Parasito causador da doença infecta outros vertebrados e influi nos ecossistemas
FORA DO QUADRO	54	OS CAMINHOS DA ESPECIAÇÃO Formação de novas espécies pode ocorrer de modos diferentes
	56	OS CINTURÕES DE VAN ALLEN Campo magnético terrestre aprisiona íons e partículas carregadas em torno do planeta
RESENHA	58	BELO PAR DE ÓCULOS Resenha do livro <i>O poder do pensamento matemático</i> , de Jordan Ellenberg
MEMÓRIA	60	A UNIFICAÇÃO DE MAXWELL 100 anos do trabalho que unificou o eletromagnetismo e a óptica
CARTAS	63	
QUAL O PROBLEMA	64	PATINHOS MÁGICOS Transposições matemáticas parecem passes de mágica

NOTÍCIAS

GALERIA

ENTREVISTA

VÍDEO

FOTO AMANDA LEIS



ENERGIA > Para produzir gelo, use o Sol
Projeto brasileiro instala máquinas movidas a energia solar para conservar alimentos de populações no interior do Amazonas.
> <http://cienciahoje.uol.com.br/noticias>

FOTO JAUREME BALLESTA / ANDROMEDA-OCEAN.COM / BLANCPAIN-OCEAN-COMMENT.COM

COLUNAS > <http://cienciahoje.uol.com.br/colunas>

HISTÓRIA > A equação e a bomba atômica Adilson de Oliveira relembra os tristes episódios de Hiroshima e Nagasaki, que completam 70 anos, e explica por que muita gente relaciona as bombas atômicas ao trabalho de Albert Einstein.

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

ICTIOLOGIA > Sim, nós temos pulmão Pesquisa confirma a existência de órgão em espécie viva de celacantos. Embora não seja funcional nos peixes atuais, o pulmão ajuda a compreender como era a respiração de seus ancestrais.



DIVULGAÇÃO



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

SAÚDE PÚBLICA > A cor de setembro No mês da prevenção ao suicídio, Brasil aderiu à campanha internacional para conscientizar a população sobre o problema e quebrar tabus para salvar vidas.

FOTO GABRIELA ORTEGA COELHO THOMAZI

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

BIOMEDICINA > Novidade contra o envenenamento por peixes Pesquisadora do Tocantins descobre um caminho para a imunização contra o veneno da raia-maçã, espécie de água doce encontrada nos rios do Norte e Centro-oeste do país.



ALÔ, PROFESSOR > <http://cienciahoje.uol.com.br/alo-professor>

EDUCAÇÃO AMBIENTAL > As várias faces da floresta Projeto de educação em manejo florestal oferece sugestões para aproximar os estudantes da floresta e das possibilidades que ela apresenta.

FOTO JOSEPH KING / FLORESTA / CORNING-NO 2.0

e muito mais >>>

Acompanhe a CH On-line também no

facebook

twitter

YouTube

tumblr

del.icio.us

MILENA CARLA DE OLIVEIRA, SÃO PAULO/SP

Por que algumas pessoas sofrem mais com picadas de insetos do que outras?

A **INTENSIDADE** de reação a uma picada depende do tipo de inseto que picou, da quantidade de insetos, da faixa etária do indivíduo e da sensibilidade a substâncias presentes na saliva ou no veneno do inseto.

Existem insetos hematófagos (que se alimentam de sangue), como mosquitos, pulgas e pernilongos, e não hematófagos, como abelhas, marimbondos, zangões. Os primeiros, no momento da picada, injetam substâncias das glândulas salivares que podem provocar pequenas lesões que geram coceira (pápulas pruriginosas). O ato de coçar com unha leva ao espalhamento da substância e ao aumento da área comprometida e, conseqüentemente, a infecções bacterianas secundárias. Crianças entre 0 e 7 anos de idade normalmente sofrem mais com esse tipo de picada.

Uma porcentagem menor de pessoas sofre mais porque apresenta maior sensibilidade às substâncias presentes na saliva ou no veneno dos insetos, principalmente no veneno de abelhas, marimbondos ou zangões; nesse caso, denominamos essas substâncias de alérgenos.

Os indivíduos alérgicos apresentam uma reação imunológica que danifica os tecidos. Os mecanismos dessa reação envolvem células do nosso organismo — os mastócitos — que reagem especificamente aos alérgenos presentes nas mucosas e no tecido conjuntivo do nosso corpo. Os anticorpos produzidos pelo corpo devido ao contato com as substâncias da saliva ou do veneno dos insetos se ligam à superfície dos mastócitos e, em seguida, reconhecem e se ligam a esses alérgenos, formando a ligação cruzada alérgeno-

-anticorpo-mastócito, que resulta na liberação de grânulos contendo histamina e outros mediadores inflamatórios (leucotrienos e prostaglandinas) e enzimas, o que provoca uma reação inflamatória no local da picada. Os efeitos finais desses mediadores liberados são a vasodilatação, o vazamento vascular (perda de sangue nos vasos) e a lesão dos tecidos.

Dependendo da quantidade de picadas, pode acontecer, no indivíduo alérgico, o choque anafilático, que é uma resposta mais intensa do organismo à presença do alérgeno inoculado na picada.

Luiz C. Rodrigues Jr

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE – IMUNOLOGIA, UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE

FOTO: SERGIO SANCHEZ / FREEMANSES.COM



FOTO: ELINORO / ANIMEDIA COMMONS

PAULO MAURÍCIO CARVALHO, RIO DE JANEIRO/RJ

O chamado arroz negro é da mesma espécie do arroz branco? Ele tem vantagens nutritivas em relação ao branco?

MARIANNA SOLDANI, SÃO PAULO/SP

Para melhorar a recepção de uma rádio FM, devemos alterar o tamanho da antena segundo a frequência dessa rádio?



A questão é relevante em face da variedade atual de formas e tamanhos de antenas e suas aplicações. Consideremos o seguinte: a onda de rádio captada pela antena induz nesta uma tensão e uma corrente elétrica que são inter-relacionadas pela impedância da antena [grandeza que mede a resposta de um circuito elétrico quando percorrido por uma corrente alternada]. Esse parâmetro depende da frequência da onda, bem como da forma e do tamanho da antena. Conforme a impedância, a tensão e a corrente podem ter defasagem, isto é, não ter sincronia no tempo, dando baixa potência de sinal recebido. O desenho da antena deve contornar esse e outros problemas.

Uma regra geral é que o tamanho da antena deve ser comparável ao comprimento de onda do sinal, sendo no mínimo um quarto desse valor. Isso maximiza a corrente e a potência do sinal. Para comprimentos de onda curtos, a dificuldade prática é menor, pois antenas pequenas são mais efetivas.

No caso de FM (frequência modulada), que está na faixa de frequência de 88 a 108 Mhz, o comprimento de onda está entre 2,8 a 3,4 m. Assim, seguindo a regra acima, a antena de FM deve ter entre 69 e 85 cm. Um modelo tido como eficiente para FM é a antena de 5/8 de dipolo, que consiste de dois fios ou hastes alinhados sequencialmente na horizontal, cada um dos quais com 5/8 do comprimento de onda (para FM isso dá entre 1,7 e 2,1 m).

Portanto, respondendo à questão da leitora: sim, teoricamente, para cada estação deveríamos usar uma antena de tamanho diferente para otimizar a recepção, mas o ganho prático comparado à complicação tecnológica não é viável.

Finalizando, talvez seja oportuno encerrar citando um interessante fato em que o tamanho de uma antena nos trouxe um episódio talvez bizarro: em 1913, a própria Torre Eiffel foi usada como antena para comunicação com o Observatório da Marinha Norte-americana, nos Estados Unidos! Naquela época, o radialismo usava frequências muito baixas, as chamadas ondas longas, que requeriam antenas grandes.

Celso de Araújo Duarte

DEPARTAMENTO DE FÍSICA,
GRUPO DE PROPRIEDADES ÓPTICAS,
ELETRÔNICAS E FOTÔNICA,
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FOTO JEAN SCHIEN / FREEMAGES.COM

SIM, o arroz preto ou negro pertence à espécie *Oryza sativa L.*, a mesma do arroz branco. Ele deve ser consumido na forma integral para preservar o pericarpo (camada externa do grão), que possui a coloração.

Por ser integral, o arroz preto tem em média 15% mais proteínas e 2,5 vezes mais fibras que o arroz branco polido. Além disso, entre as espécies de arroz, o preto tem os maiores teores de compostos fenólicos totais e de flavonoides, representados principalmente pelas antocianinas e proantocianidinas – responsáveis pela coloração. Esses compostos são poderosos antioxidantes, que protegem o organismo contra os radicais livres e doenças cardiovasculares.

José Manoel Colombari Filho

GENÉTICA E MELHORAMENTO DE ARROZ,
EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO

CARTAS PARA A REDAÇÃO

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

Rio de Janeiro | RJ

CORREIO ELETRÔNICO

cienciahoje@cienciahoje.org.br

Fazer um país melhor começa pela educação.

#issomudaomundo

Nós acreditamos no potencial da educação para transformar a vida das crianças, dos jovens, de toda a sociedade. Por meio da educação integral, da mobilização social, dos investimentos em gestão educacional e da avaliação econômica de projetos sociais, criamos e disseminamos propostas que colaboram para a melhoria do ensino público em todo o país.

Conheça nossos projetos em
www.fundacaoitausocial.org.br





A educação integral garante que crianças e jovens ampliem seus horizontes, aprendendo cada vez mais.

Por meio da educação integral, buscamos desenvolver ao máximo o potencial das pessoas, a partir da ampliação de tempos, espaços e conteúdos de aprendizagem, dentro e fora da escola. Com o Prêmio Itaú-Unicef, valorizamos e inspiramos projetos em parceria entre ONGs e escolas públicas. E, com o Programa Jovens Urbanos, aumentamos o repertório sociocultural dos jovens, criando melhores perspectivas para o futuro.

O investimento na formação dos educadores gera melhorias de ensino e aprendizagem no dia a dia da escola.

Melhorar os resultados de aprendizagem é tarefa essencial para que as crianças tenham mais chances de um futuro promissor. Para isso, fortalecemos os profissionais de educação e aprimoramos a gestão dos sistemas de ensino. Com a Olimpíada de Língua Portuguesa Escrevendo o Futuro, por exemplo, incentivamos a leitura e a escrita dos estudantes e investimos na formação de professores da rede pública.

Mobilizar a sociedade é nosso compromisso pela melhoria da qualidade da educação no país.

Assegurar uma educação de qualidade faz parte da transformação que queremos ver no mundo. Para isso, a participação e o compromisso de todos é fundamental. Incentivando o voluntariado, promovemos a participação de milhares de colaboradores e, por meio do Itaú Criança, mobilizamos a sociedade a contribuir para o desenvolvimento integral das crianças.

A avaliação econômica de projetos sociais contribui para aprimorar a ação social.

Avaliar projetos, medir as mudanças realizadas e os benefícios gerados aos participantes: este é um caminho para confirmar se realidades estão sendo transformadas e assegurar que os recursos foram bem aplicados. É por isso que buscamos medir, de maneira clara e objetiva, o impacto das iniciativas e disseminar a cultura da avaliação na área social.

STEVENS REHEN

O SENHOR DOS ORGANOIDES

Seu reino é o laboratório. Ali, observa, analisa e propõe estratégias para estudar vários tipos de doenças em nível celular. Cultiva neurônios humanos e minicérebros para avaliar traços típicos de transtornos mentais. Seu grupo de pesquisa é o que mais publica na área de células-tronco reprogramadas no país. O neurocientista brasileiro Stevens Rehen, professor titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e pesquisador do Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino (IDOR), pode ser considerado hoje 'o senhor das células-tronco pluripotentes' no Brasil e, por que não, dos 'organoides'.

Chefe do Laboratório Nacional de Células-tronco Embrionárias do Rio de Janeiro (LaNCE) do Instituto de Ciências Biomédicas da UFRJ desde 2009, Rehen acredita que estamos vivendo uma revolução na biologia, e que já começamos a colher os frutos de uma medicina personalizada, que adotará medicamentos desenvolvidos especificamente para o paciente, com mais eficácia e menos efeitos colaterais.

Nesta entrevista à *CH*, ele fala das conquistas que alcançou e das dificuldades que enfrenta em suas pesquisas com células-tronco.

ALICIA IVANISSEVICH | CIÊNCIA HOJE | RJ



FOTO IDOR

Sua equipe está usando células reprogramadas para estudar estratégias que ajudem a tratar transtornos como a esquizofrenia, a epilepsia e o TDAH [transtorno do déficit de atenção e hiperatividade]. Antes de falarmos sobre suas pesquisas, gostaria que nos contasse um pouco da história dessas células. Estamos vivendo uma grande revolução nas áreas biomédicas e biológicas por conta da possibilidade de utilizar células reprogramadas [células do próprio paciente induzidas a se transformar em qualquer célula do corpo]. Modelos biológicos buscam reproduzir situações que sabemos que ocorrem no nosso corpo, uma vez que em muitas pesquisas é impossível trabalhar diretamente com humanos. Por isso é que usamos células, animais ou tecidos pós-morte; porém, cada um desses modelos tem suas limitações. Muitas das células utilizadas não são humanas ou não são aquelas afetadas nas doenças

COM A REPROGRAMAÇÃO CELULAR, SURTIU A POSSIBILIDADE DE CRIAR TECIDOS E TIPOS CELULARES ESPECIALIZADOS QUE TÊM O MESMO MATERIAL GENÉTICO DA PRÓPRIA PESSOA DOADORA. É O MELHOR DOS MUNDOS TER O MODELO MAIS PRÓXIMO OU FIDEDIGNO DAQUILO QUE QUEREMOS ESTUDAR SOBRE O SER HUMANO

estudadas; e muitos resultados descritos originalmente nos modelos animais não se repetem em seres humanos. Por exemplo, uma substância pode ser tóxica para animais e não para humanos, e vice-versa. Além disso, os cultivos celulares em geral são feitos em 2D – com as células acomodadas em cima de uma placa. Com a reprogramação celular, surgiu a possibilidade de criar tecidos e tipos celulares especializados que têm o mesmo material genético da própria pessoa doadora. É o melhor dos mundos ter o modelo mais próximo ou fidedigno daquilo que queremos estudar sobre o ser humano.

E como se cultivam tecidos em 3D ou organoides? Hoje se fala muito em organoides, minicérebros, minifígados etc., mas esse tipo de preparação teve início na década de 1950. Aaron Moscona, então na Universidade de Chicago [EUA], desenvolveu um modelo inovador para estudar como células interagem entre si. Ele separava células de embrião de galinha e depois as juntava novamente. As células se reorganizavam em agregados com estrutura semelhante à original. Podemos dizer que Moscona foi o primeiro a trabalhar com organoides.

Fernando Garcia de Mello, do Instituto de Biofísica da UFRJ, foi outro pioneiro. Ele cultivava células de retina de embrião de galinha, que formavam agregados com as mesmas camadas existentes na retina. Esses agregados também eram organoides! Era fascinante! Acompanhei de perto o trabalho do Fernando e equipe quando comecei minha iniciação científica no laboratório do Rafael Linden, na década de 1990.

Em 2000, fui para os Estados Unidos e comecei a cultivar cérebros de camundongos fetais no laboratório de Jerold Chun, na Universidade da Califórnia em San Diego. Os cérebros eram divididos em dois: um hemisfério para cada lado. Um deles foi tratado com o ácido lisofosfatídico (LPA) e observamos que era capaz de formar os giros e sulcos tão característicos do córtex cerebral de humanos. Em outras palavras, descobrimos que essa substância contribuía para a formação das dobraduras do cérebro.

O cientista japonês Yoshiki Sasai, por sua vez, foi um dos pioneiros na criação de organoides humanos. Mais recentemente, entraram em cena Madeline Lancaster,

do Medical Research Council [Inglaterra] e Jürgen Knoblich, do Institute of Molecular Biotechnology [Áustria], que elevaram o cultivo de minicérebros humanos a outro nível.

E quais são as vantagens desses organoides com relação a outros modelos de pesquisa? A equipe de Flora Vaccarino, da Escola de Medicina Yale [EUA], comparou organoides cerebrais de pacientes autistas com controles e demonstrou que há um grande desbalanço neuroquímico. Lancaster observou alterações no crescimento de organoides criados a partir de células reprogramadas de pacientes com microcefalia. Isso seria impossível de ser observado em cultivos celulares 2D pela falta da complexidade peculiar aos organoides.

Você já publicou artigos que envolvem pesquisas com minicérebros? Com minicérebros humanos, temos um submetido à publicação e outros sendo finalizados. Desenvolvemos um protocolo um pouco diferente daquele usado por M. Lancaster, com rendimento superior para a geração de organoides. A professora Simone Cardoso, do Instituto de Física da UFRJ, levou esses nossos organoides para o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, em Campinas, para estudar a presença ou ausência de alguns elementos-traço que têm relação com dieta e transtornos mentais. Fizemos a primeira caracterização desses elementos. O interessante foi notar que as concentrações observadas em cérebros humanos reais são muito próximas daquelas presentes nos organoides cerebrais criados em laboratório, o que corrobora a ideia de que são bons modelos do cérebro humano. Agora precisamos aguardar para saber se os revisores também gostaram desses resultados [risos].

Quais são as implicações éticas dessa nova abordagem de pesquisa – o uso de minicérebros? Há várias e é natural que existam. Lembro-me de quando se discutiu no Supremo Tribunal Federal (STF) a Lei de Biossegurança, que autoriza a utilização para pesquisa de embriões humanos congelados há mais de três anos, que seriam descartados pelas clínicas, com anuência dos gestores. Aquilo foi um exemplo da delimitação de um novo limite ético

>>>

OS PRINCIPAIS [PROBLEMAS] SÃO A BUROCRACIA NAS MAIS VARIADAS INSTÂNCIAS, INCLUSIVE PARA A IMPORTAÇÃO, E OS PREÇOS DOS REAGENTES NO PAÍS

co criado pela ciência. Um dos pontos debatidos na ocasião foi sobre qual seria um marco para definir o início da vida. Esse marco pode ser o começo de formação do sistema nervoso central – a partir do 14º dia de gestação.

Perguntas que surgem agora: já é possível criar um protótipo tridimensional desse sistema nervoso central? Com o progresso na confecção dos minicérebros, os mesmos conseguirão gerar ‘pensamentos’, ou se comunicar, ou ter consciência? Podemos especular também sobre a possibilidade de unir *chips* e dispositivos eletrônicos a esse tecido cerebral organizado no laboratório e assim criar computadores humanoides, com um grau de processamento bem mais elevado. Por enquanto, ainda é ficção científica e, ao mesmo tempo, uma provocação. Afinal, quando começa a vida?

Entre os problemas de tratar doenças com células-tronco, estão seus efeitos colaterais, como o surgimento de tumores. Em estudo feito com a doença de Parkinson publicado por sua equipe em abril, o simples uso de uma substância anticancerígena foi capaz de prevenir a proliferação descontrolada de células. Como surgiu a ideia de tratar previamente as células-tronco antes de implantá-las nos animais? E o que representam os resultados obtidos com relação à terapia com células-tronco? Até agora, falamos sobre o uso de células-tronco como modelo de pesquisa. Essa sua pergunta é sobre como usar células-tronco como medicamentos. Este trabalho surgiu de uma parceria com o neurocientista Jean-Christophe Houzel, do Instituto de Ciências Biomédicas da UFRJ. Há nove anos, convidei a pesquisadora Alisson Ebert [EUA] para visitar a UFRJ e nos ensinar a recriar seu modelo de Parkinson em camundongos, um modelo eficaz para testar o potencial terapêutico das células-tronco embrionárias. Desde aquela época, tínhamos notado que um dos principais desafios para a possibilidade de utilização médica de células-tronco embrionárias – aquelas pluripotentes, que podem se transformar em qualquer tecido – é sua capacidade de se transformar num teratoma (tumor). Cogitamos a hipótese de usar uma substância normalmente empregada no tratamento do câncer, a mitomicina, para impedir essa possibilidade de crescimento desordenado. O que aconteceria com uma célula-tronco embrionária

tratada com mitomicina? Demonstramos que a célula embrionária tolera esse tratamento, a ainda pode recuperar o animal com Parkinson sem o risco de desenvolver um tumor em seu cérebro. Esse procedimento abre perspectivas de aplicação médica mais segura de células-tronco embrionárias.

Em maio deste ano, sua equipe publicou um trabalho sobre a neurogênese da esquizofrenia. Quais foram as principais conclusões a que chegou e como os resultados podem mudar o tratamento da doença? Esse trabalho foi feito em colaboração com diversos colegas, incluindo Helena Brentani, da Universidade de São Paulo, e Paulo Belmonte-de-Abreu, do Hospital de Clínicas de Porto Alegre [RS]. Em 2012, publicamos outro artigo científico em parceria com um time da pesada, incluindo Antonio Galina e Mariana Silveira, da UFRJ. Nesse trabalho, descrevemos o aumento de estresse oxidativo em células neurais reprogramadas de um paciente esquizofrênico, quando comparadas com células de controles. Nesse novo manuscrito, a equipe da Helena descreveu que, nas mesmas células neurais do paciente esquizofrênico, há 228 genes que aumentam ou diminuem sua expressão de forma distinta dos controles e estão associados à produção aumentada de radicais livres e diferenciação celular.

Voltando um pouco no tempo, em 2001, você descobriu que o cérebro humano tem células com um número de cromossomos diferente dos 46 presentes no resto do corpo – fenômeno conhecido como aneuploidia. E, em 2009, mostrou que, ao se transformarem em neurônios, as células-tronco embrionárias também perdem cromossomos. O que isso representa para a pesquisa biológica e por que essa informação ainda não foi incorporada nos livros didáticos? Em 2001, quando trabalhava no laboratório de Jerold Chun na Califórnia, demonstramos que, no cérebro de camundongos, há células com o número alterado de cromossomos – a aneuploidia. Em 2005, descrevemos esse mesmo fenômeno no cérebro humano. Em 2009, de volta ao Brasil, observamos que, quando uma célula-tronco embrionária se transformava em neurônio, também havia perda de cromossomos. Nossa conclusão é que não é necessário um neurônio possuir todo o seu genoma (os 25 mil genes) para funcionar. Com relação à incorporação dessa informação nos livros didáticos, pelo menos o livro *Cem bilhões de neurônios?*, do Roberto Lent, já descreve a aneuploidia associada ao cérebro.

Cabe aqui mencionar um desdobramento interessante desse estudo, associado à doença de Alzheimer e que publicamos em 2015. Sabe-se que no cérebro de pacientes com Alzheimer há o acúmulo de oligômeros e placas beta-amiloides, consequência da alteração de uma proteína que existe naturalmente nas células, a APP (sigla em inglês para Amyloid Precursor Protein). Esses agregados proteicos interferem no funcionamen-

A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA É IMPORTANTE PARA DESPERTAR VOCAÇÕES, PRESTAR CONTAS À SOCIEDADE – UMA VEZ QUE A MAIOR PARTE DOS RECURSOS PARA PESQUISA É PAGA COM DINHEIRO PÚBLICO – E PARA COMPARTILHAR COM AS PESSOAS A IMPORTÂNCIA DA CIÊNCIA PARA O PROGRESSO ECONÔMICO, SOCIAL E QUALIDADE DE VIDA DE TODOS

to dos neurônios. Pessoas com três cópias do cromossomo 21 (síndrome de Down) acabam inevitavelmente apresentando a formação precoce dessas placas e Alzheimer. Nossa hipótese era que pacientes com Alzheimer (mas sem a síndrome de Down) também teriam mais neurônios aneuploides com três cópias do cromossomo 21 do que pessoas comuns. Nós demonstramos a presença de cópias extras do gene APP nessas pessoas.

O desenvolvimento de novas técnicas na biologia, como a reprogramação celular, promete revolucionar a medicina, oferecendo às pessoas um tratamento personalizado. O quão perto, ou longe, estamos de alcançar esse objetivo? Acho que estamos avançando rapidamente. A técnica de reprogramação foi realizada em células humanas com sucesso pela primeira vez por Shynia Yamanaka em 2007. Em menos de oito anos, novos medicamentos que foram descobertos graças à utilização das células-tronco de pluripotência induzida já começaram a ser testados em pacientes com Alzheimer e esclerose lateral amiotrófica (ELA). Tudo porque células da pele desses pacientes foram transformadas nos neurônios afetados pelas respectivas doenças e expostas a uma infinidade de substâncias, até que descobriram algumas capazes de tratar os sintomas *in vitro*. É o começo da colheita de frutos da reprogramação celular.

O LaNCE foi inaugurado em 2009. Nestes seis anos, quais foram as principais conquistas e dificuldades do laboratório? O LaNCE se transformou bastante ao longo desses anos e hoje opera numa parceria entre UFRJ e IDOR. Nesse período, publicamos 45 artigos científicos em revistas internacionais, formamos dezenas de estudantes de mestrado e doutorado e pós-doutores especialistas em células-tronco embrionárias e reprogramadas. Em parceria com Leda Castilho, da Coppe-UFRJ, depositamos patente de um novo meio de cultivo de células-tronco embrionárias – o primeiro reagente no país para terapia celular. A cada dois anos recebemos estudantes de todo o país e também da América Latina e África para um curso prático sobre células-tronco. Além disso, já distribuímos reagentes por nós desenvolvidos e células

para dezenas de grupos de pesquisa no país. Acredito que demos uma pequena contribuição para as pesquisas em medicina regenerativa no Brasil.

Quanto aos problemas, são vários. Os principais são a burocracia nas mais variadas instâncias, inclusive para a importação, e os preços dos reagentes no país. Fico frustrado quando vejo um colega no exterior publicando o que estamos fazendo aqui, simplesmente porque recebeu os reagentes que precisa para trabalhar no dia seguinte ao pedido, enquanto aqui precisamos esperar, em muitos casos, vários meses. Esse é o principal gargalo que temos – maior do que a falta de dinheiro – e tão acachapante quanto a burocracia. Enfrentamos enorme dificuldade para conseguir a aprovação de projetos de pesquisa com seres humanos.

Um terceiro problema, que na verdade é mais um desafio, é a falta de pessoas para trocar ideias no país. Há muito pouca gente trabalhando com células reprogramadas no Brasil, e muito menos ainda com organoides cerebrais. É crucial criar massa crítica. E essa é uma de nossas responsabilidades como laboratório nacional: formar pessoal, compartilhar técnicas e reagentes, ou saídas mais ágeis diante dessas dificuldades.

Você já foi colunista da CH On-line, participa do webcanal Uau!, tem um blogue, participa de entrevistas na TV... Qual a importância da divulgação científica, em sua opinião? Imensa. Minha opção profissional foi fruto da divulgação científica. Quando garoto, curti muito ler as revistas *Ciência Hoje* e *Superinteressante*. Desde o ensino médio, todo final do mês ia até a banca para comprar as revistas – a *Super* tinha na banca da esquina da minha casa, mas para achar a *Ciência Hoje* eu tinha que andar até a Praça Saens Peña. Era um prazer a expectativa sobre as novidades que iria aprender. Com as revistas, comecei a conhecer ciência e entender o que faz um cientista, sem essa imagem deturpada de gênio maluco. A divulgação científica é importante para despertar vocações, prestar contas à sociedade – uma vez que a maior parte dos recursos para pesquisa é paga com dinheiro público – e para compartilhar com as pessoas a importância da ciência para o progresso econômico, social e qualidade de vida de todos. Ela é crucial, sobretudo aqui, no Brasil. 

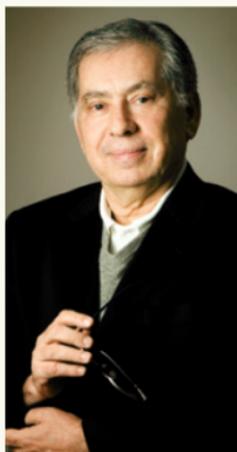


FOTO: CECERO RODRIGUES

No Brasil, a autonomia disciplinar do projeto, que orienta a produção arquitetônica no mundo todo, passou a ser acessória. Desconhece-se o projeto como categoria cultural significativa

DANOS À CULTURA E À CIDADE

Dificuldades na Europa e facilidades aqui criaram um clima favorável a que arquitetos estrangeiros fizessem projetos para o Brasil. São, em especial, integrantes do grupo de estrelas da arquitetura internacional.

No Rio de Janeiro, foram projetadas, entre obras públicas, a Cidade das Artes, pelo francês Christian de Portzamparc, o Museu do Amanhã, pelo espanhol Santiago Calatrava, e o Museu da Imagem e do Som, pelo escritório norte-americano Diller Scofidio + Renfro; no setor privado, há edificações assinadas pelo escritório inglês Foster e Associados, pela iraquiana Zaha Hadid e pelo norte-americano Richard Meier. Em Porto Alegre, destaca-se o Centro Iberê Camargo, projetado pelo português Álvaro Siza Vieira.

Diante disso, é recorrente a pergunta: a produção estrangeira faz bem à arquitetura brasileira? E à cultura nacional?

Desde logo, é preciso reconhecer que vivemos em uma época global, na qual o Brasil se insere como um país importante, rico, grande, de forte cultura. Nossa arquitetura tem o reconhecimento internacional e expressão compatível com tal realidade. Conjuntos arquitetônicos significativos passam a nossa história. Na modernidade, a arquitetura brasileira apresentou-se com grande vitalidade, com exemplares magistrais, como o edifício do então Ministério da Educação e Saúde Pública (1936), de autoria de jovens arquitetos liderados por Lucio Costa, no Rio, assim como obras dos reconhecidos irmãos Marcelo, Milton e Maurício Roberto, de Affonso Eduardo Reidy, Rino Levi, Vilanova Artigas, Paulo Mendes da Rocha e, sobretudo, a grande produção sob o traço de Oscar Niemeyer.

A cidade é a maior obra da arquitetura, o maior artefato da cultura. Cada edificação construída, cada espaço público desenhado, cada elemento urbano implantado contribuem para a vida social. Uma boa obra de arquitetura há de melhorar a cidade. E uma boa obra envolve valores relacionados à estética, à inserção local, à conformação do ambien-

te, às tecnologias adotadas, aos recursos disponíveis, às expectativas sociais, entre outros.

Assim, para melhorar a cidade, uma obra de arquitetura independe da nacionalidade, da etnia, da religião ou do time de futebol do autor do projeto. Há boas obras e há outras obras.

Para a cidade e para a cultura, cada boa obra de arquitetura constrói um mundo melhor.

Porém, no Brasil, a questão tem mais uma dimensão. Aqui, sendo o Estado o maior demandante de serviços de arquitetura, suas encomendas têm grande influência no conjunto produzido.

Mas, como se sabe, uma boa obra começa com um bom projeto. E ocorre que, há algum tempo, os governos brasileiros têm desconsiderado essa premissa.

Por meio de leis sucessivas, que culminaram com a chamada 'contratação integrada', atribuiu-se ao empreiteiro a elaboração do projeto para a obra que ele próprio construirá. Isso significa desconhecer a autonomia disciplinar do projeto, fruto da Renascença e que orienta a produção arquitetônica no mundo todo. No Brasil, passou a ser acessória. Desconhece-se o projeto como categoria cultural significativa. É uma promiscuidade ética que tem afetado o desempenho da arquitetura nacional, não apenas no âmbito público. Trata-se de um dano enorme à cultura e à cidade.

É uma promiscuidade que igualmente afeta e onera os cofres públicos e a qualidade das obras, como demonstram sucessivos escândalos.

Nesse contexto, a presença de grandes arquitetos internacionais contrapõe-se a essa prática absurda, pois, para eles, é impensável transferir ao construtor o desenvolvimento de suas composições.

É claro que tais colegas devem trabalhar aqui em regime de reciprocidade, isto é, aos arquitetos brasileiros deve-se garantir a possibilidade de atuação no exterior.

A boa arquitetura é um instrumento para o desenvolvimento e a felicidade dos povos. Não a subestimemos. **CH**

SÉRGIO MAGALHÃES

Programa de Pós-graduação em Urbanismo (Prourb), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro
sfmagalhaes@hotmail.com
www.cidadeinteira.blogspot.com

DESTAQUE > ECOLOGIA > POR VOLTA DE 2050, TODAS AS ESPÉCIES DE AVES MARINHAS TERÃO PLÁSTICO EM SEUS CORPOS

Pela goela abaixo

O (a) leitor(a) de *CH* viu, na edição 326, entrevista com uma especialista norte-americana sobre como os plásticos têm causado uma situação lastimável nos oceanos. Lá havia um alerta: não se sabe o que acontece com 99% desse material que chegam aos mares pela ação do *H. sapiens*. Agora, novo estudo revela onde parte dessa poluição acaba. E a descoberta é triste: em poucas décadas, praticamente todas as aves marinhas do planeta, de todas as espécies, terão plástico em seu corpo.

Esmiuçando o problema em números mais detalhados, a equipe que desenvolveu o modelo computacional para estudar a relação entre plásticos e aves marinhas chegou às seguintes conclusões: i) atualmente, cerca de 90% de quase todas as espécies de aves marinhas têm plástico em seu corpo; ii) por volta de 2050, esses percentuais serão de 95% (indivíduos) e 99,8% (espécies). O próprio título do artigo, publicado na *PNAS* (31/08/15, *online*), reforça que o problema é “global, pervasivo e crescente” — exponencialmente crescente, segundo os autores.

Mal dá para engolir esses números, de tão dessaborosos. Mas o fato é que as aves marinhas estão ingerindo plástico. E isso causa o bloqueio do estômago dessas belas criaturas, sem contar que o material acaba sendo fonte de substâncias tóxicas contidas no próprio plástico ou que grudam nesse material. Segundo os autores, a densidade de fragmentos de plásticos nos oceanos chega a até 580 mil pedaços por km².

Ao todo, foram estudadas 186 espécies de aves marinhas (56% do total mundial), mas o modelo computacional tem capacidade de expandir suas previsões.

O impacto do plástico tem a ver basicamente com duas variáveis: quantidade



FOTO BRITTA DENISE HARCISTY

Atobá-de-pé-vermelho ao lado de detritos plásticos

desse material na água e número de espécies que habitam a região. O modelo, desenvolvido pela equipe de Chris Wilcox, da Organização de Pesquisa Científica e Industrial da Comunidade das Nações (Austrália), mostra que as aves que estão sob o maior risco de ingerir plástico localizam-se na região entre Austrália e Nova Zelândia — região antes considerada razoavelmente limpa e hábitat de grande número de espécies de aves marinhas — e na parte sudoeste do oceano Índico.

Até 2025, segundo Jenna Jambeck, a entrevistada da edição 326, os humanos terão feito a proeza de despejar nos oceanos cerca de 150 milhões de toneladas de plástico.

SEM HIPOCRISIA E antes que se inventem os papéis... O vilão não é a poluição (plástico), mas, sim, o poluidor (*H. sapiens*) — deve-se lembrar que o plástico proporcionou grandes avanços para a humanidade, ao baixar o preço de produtos, tornando-os acessíveis aos mais pobres;

diminuir o peso e aumentar a flexibilidade de objetos; substituir produtos animais e vegetais, diminuindo taxas de extinção e desmatamento etc.

E, deixando a hipocrisia de lado e mergulhando fundo no problema, as causas da atual situação dos mares e das aves marinhas — em resumo, da Terra — têm raízes em séculos de uma visão de mundo na qual o mais importante é só e apenas só o *H. sapiens*. A natureza, na visão cartesiana até hoje muito presente, está aí para nos servir.

As grandes utopias (comunismo, nazismo e globalização, por exemplo) sempre buscaram transformar os humanos, achando possível mudar sua natureza. Ironicamente, ao alçá-los ao centro e alto do mundo, criaram uma nova classe de dominados, de ‘proletários sem voz’: a fauna e a flora, que estariam aí para serem exploradas. É o humanismo em seu mais amplo sentido.

A conta está aí. Pior: egoísta e mesquinamente, para as gerações futuras.

>>>

ESPECISMO Ao somar o cenário apresentado por Jambeck às previsões do modelo de Wilcox, a pergunta que deve ser feita sobre a destruição causada pelos humanos ao planeta é: isso é uma aberração ou parte da natureza humana? – palavras, por sinal, já aplicadas ao Holocausto.

Cavando-se um pouco mais, defronta-se com um paradoxo: é certamente deplorável ser racista, sexista, nazista, antissemita, islamofóbico, homofóbico etc. Mas é ‘normal’ ser especista. Porque os ‘istas’ e ‘óbicos’ da penúltima frase dizem respeito ao *H. sapiens*, enquanto o ‘ista’ da frase seguinte tem a ver com espécies não humanas, isto é, ‘inferiores’.

Nesta altura, vem bem a calhar resultados apresentados em *Science* (21/08/15) pela equipe de Chris Darimont, da Universidade de Vitória (Canadá), sobre o fato de o ser humano ser um superpredador único: i) caça 14 vezes mais peixes adultos que os animais marinhos; ii) mata nove vezes mais carnívoros do alto da cadeia alimentar (ursos, leões, lobos etc.) do que a taxa de autopredação dessas espécies; iii) mantém o foco de sua predação nos adultos – o que está acelerando extinções e levando ao surgimento de peixes menores –, enquanto outras espécies tendem a caçar espécimes juvenis.

Então, para terminar, ao ver a que condição alçamos as aves marinhas (sem falar de leões, rinocerontes, elefantes, gorilas etc.), vale citar um dos grandes escritores do século passado, o judeu polonês Isaac Bashevis Singer (1902-1991). Em um de seus livros, *Inimigos – uma história de amor*, o protagonista Herman Broder, sobrevivente do Holocausto, diz: “Em seu comportamento em relação aos animais, todos os humanos são nazistas.”

A frase sintetiza bem o que Bashevis Singer pensava sobre o binômio humanos-não humanos.

PALEOANTROPOLOGIA

NOVO HOMO E SUA REDEFINIÇÃO

A ciência (e não só a vida) tem suas ironias. A da vez foi a publicação quase simultânea de um artigo que defende a total redefinição do gênero *Homo* e de outro que apresenta um novo membro dos antepassados humanos.

Com base na descoberta de 1,5 mil pedaços de esqueletos, de 15 indivíduos (homens e mulheres), em uma câmara de um sistema de cavernas conhecido como Estrela Nascente (África do Sul), os especialistas chegaram à seguinte conclusão: há mais um integrante entre os ancestrais humanos. Seu nome: *Homo naledi*.

A análise do material está publicada no periódico *eLife* (10/09/15), e a autoria é da equipe liderada por Lee Berger, da Universidade de Witwatersrand (África do Sul).

O *H. naledi* já chegou batendo um recorde: tem o menor cérebro do gênero *Homo*, cerca de um terço daquele dos humanos modernos. Algumas de suas características (ombros, pélvis e tórax) são primitivas, semelhantes ao gênero *Australopithecus*, que viveu há cerca de 4 milhões de anos e ao qual pertence o famoso fóssil Lucy.

A idade do *H. naledi* ainda é imprecisa. Arrisca-se algo em torno de 2,5 a 2,8 milhões de anos. Sua estatura é por volta de 1,5 m e seu peso, cerca de 50 kg. Os pés são muito semelhantes aos dos humanos modernos.

Segundo os autores, os esqueletos parecem ter sido levados propositalmente para a câmara, onde hoje só se chega por meio de passagens com cerca de 20 cm de abertura. O termo ‘naledi’ significa ‘estrela’

em uma das línguas faladas na África do Sul.

Segundo os pesquisadores, o transporte dos mortos para a câmara demonstra a intenção de sepultá-los – algo que só os humanos modernos fazem. Outros paleontólogos, porém, estão céticos quanto a essa intenção, dada a estreiteza dos corredores até o local. Segundo alguns críticos, a câmara, talvez, tenha tido uma abertura mais ampla, e os corpos poderiam ter sido simplesmente descartados lá, para que não se decompussem perto dos vivos.

Cerca de duas semanas antes, em artigo opinativo para o periódico *Science* (28/08/15, p. 931-932), os antropólogos Jeffrey Schwartz e Ian Tattersall discutiram o longo e inconsistente processo de definir o gênero *Homo*. A dupla pede nova abordagem para designar quais espécies estariam nessa categoria – hoje, vale lembrar, o *H. sapiens* é o único membro não extinto do gênero.

Eles dizem que, no passado, várias espécies foram postas dentro do gênero *Homo* por razões que parecem hoje equivocadas. Por exemplo, o *H. habilis* ganhou essa classificação só pelo fato de usar ferramentas. E membros do gênero *Australopithecus* teriam características de *Homo*. Segundo os autores, a história da paleoantropologia é marcada por uma preferência pela generalização em detrimento de detalhes.

Schwartz e Tattersall defendem que a saída para botar nova ordem na casa seria começar do zero, adotando abordagem com comparações morfológicas mais amplas que revelariam maior riqueza da ancestralidade humana.



Peças encontradas no sistema de cavernas 'Estrela Nascente', na África do Sul, com os restos do *H. naledi*, classificado como a mais nova espécie do gênero *Homo*

BIOFÍSICA

VENENO CONTRA O CÂNCER

Em suas entrevistas, o físico brasileiro César Lattes (1924-2005) gostava de citar a frase do polímata italiano Leonardo da Vinci (1452-1519) "Vá aprender suas lições na natureza". Foi o que fez agora uma equipe internacional de pesquisadores, ao mostrar como o veneno de uma vespa é capaz de matar seletivamente células cancerosas. E o mecanismo revelado abre a possibilidade de desenvolvimento de uma nova classe de fármacos para o tratamento da doença.

Com grande ocorrência no Sudeste, a vespa social *Polybia paulista* (ou, simplesmente, 'paulistinha') usa seu veneno para se proteger de seus predadores. Nele, foi

encontrado um peptídeo (fragmento de proteína) denominado MP1. Como a natureza é pródiga em lições (e em moléculas com aplicações médicas), esse peptídeo já havia mostrado ação antimicrobiana, bem como contra o crescimento de células de câncer de próstata, bexiga e sangue (leucemia).

Mas restava a pergunta: como o MP1 só destrói as células doentes e poupa as saudáveis?

A resposta foi dada, em artigo para o *Biophysical Journal* (01/09/15), pela equipe liderada pelo britânico Paul Beales, da Universidade de Leeds (Reino Unido), e pelo brasileiro João Ruggiero Neto, da Universidade Estadual Paulista de São José do Rio Preto. A motivação para o estudo veio da desconfiança de que esse ataque seletivo tivesse a ver com moléculas de gordura (lipídios) que as células carregam em sua membrana.

Em células saudáveis, algumas dessas gorduras estão na parte interna da membrana, 'apontando' para dentro da célula. Mas, nas cancerosas, elas estão 'espantadas' do lado de fora.

FOTO: HARRIS S. PALMARI/INSP



MEDICINA

'SEMENTES' DE ALZHEIMER?

Este é o tipo de notícia que deve começar com aquele parágrafo que geralmente se reserva para o fim de um texto sobre biomedicina: apesar das evidências (algumas intrigantes), as conclusões são provisórias e mais pesquisas são necessárias para esclarecer o assunto. Feito isso, vai a pergunta: será que a doença de Alzheimer, marcada por perda da memória, pode ser transmissível?

O que permitiu levantar a questão acima foi o exame do cérebro de oito cadáveres, entre 36 e 51 anos, no Reino Unido. Para tentar reverter a baixa estatura, todas as pessoas haviam recebido hormônio do crescimento humano (HGH, na sigla inglesa) extraído da hipófise (ou glândula pituitária) de cadáveres.

O problema é que parte desse hormônio estava contaminada com uma forma anormal de proteína denominada príon. E isso, segundo os autores, fez com que as oito pessoas apresentassem a chamada doença de Creutzfeldt-Jacob, quadro neurodegenerativo raro também marcado por demência progressiva.

Mas a surpresa foi que seis dos cérebros apresentavam também as marcas características da doença de Alzheimer: placas de uma proteína chamada beta-amiloide. Em quatro destes últimos, o quadro estava bem avançado. Os resultados da equipe liderada por John Collinge, da University College London (Reino Unido), estão em *Nature* (16/09/15).

O que reforça a hipótese de transmissão é que nenhuma das oito pessoas tinha mutações genéticas indicativas de um tipo raro de Alzheimer que surge por volta dos 40 anos — a doença é mais comum em idosos. Nem mesmo tinham a presença de filamentos da proteína tau, outra característica desse quadro.

Como, então, placas de beta-amiloide se formaram em pacientes tão jovens?

A hipótese inicial acabou comprovada quando, em laboratório, a equipe criou membranas 'sob encomenda' e, com elas, mostrou que uma dessas gorduras faz a MP1 grudar na membrana celular, e a outra promove, ao também sofrer a 'atracagem' do peptídeo, a abertura de buracos na célula doente. E, através dessas frestas, vazam moléculas essenciais (RNA, proteínas etc.) para a sobrevivência celular. Tudo isso em segundos.

Os resultados abrem um novo caminho para a criação de fármacos que combatem o câncer, atacando as gorduras presentes nas membranas das células doentes, reforçando, por exemplo, a ação de outros medicamentos (ver 'Quatro perguntas para João Ruggiero Neto').

Agora, os pesquisadores pretendem modificar a estrutura molecular do MP1, na esperança de aumentar ainda mais sua seletividade e capacidade de acoplamento com as células cancerosas. Também assinam o artigo Natália Bueno Leite, Anders Aufderhorst-Roberts, Mario Sergio Palma e Simon Connel.

Quatro perguntas para João Ruggiero Neto

Como, em nível celular, o MP1 age nos predadores da *P. paulista*?

Contra seus predadores, a vespa usa o veneno que tem cerca de 100 compostos diferentes, sendo o MP1 apenas um deles. O veneno induz forte reação inflamatória e alérgica, além de dor.

Quando o MP1 foi isolado? E quando se descobriu a ação desse peptídeo contra células cancerosas? O MP1 foi isolado há 10 anos. De início, foram descritas as atividades antibacterianas e tóxicas para as células. Em 2008, um grupo de Hong Kong descreveu, na literatura, a ação inibitória da proliferação de células de câncer.

Outros grupos no mundo trabalham nessa mesma linha de pesquisa, ou seja, atacar células cancerosas por meio do 'acoplamento' de moléculas às gorduras (lipídeos) da membrana?

Existem vários grupos pesquisando o uso de peptídeos antimicrobianos em câncer, inclusive nós. O que conseguimos foi entender como esse peptídeo é seletivo à célula de câncer, usando membranas-modelo com composição de lipídeos que são críticos na célula de câncer.

Os senhores pretendem trabalhar juntamente com a indústria farmacêutica para o desenvolvimento de um novo fármaco a partir do MP1?

O uso dessa molécula como fármaco, antibacteriano ou anticâncer, sempre foi a principal justificativa para esse tipo de pesquisa. Desde que esse peptídeo ou outro mostrem ser minimamente tóxicos e com atividade inibitória exacerbada de crescimento de células de câncer ou contra bactérias, o caminho natural é viabilizá-lo como fármaco, e, para isso, o contato com a indústria farmacêutica é importante.

Especula-se que as glândulas pituitárias dos cadáveres de onde foi extraído o hormônio estavam contaminadas não só com príons, mas também com 'sementes' de beta-amiloide. Estudos anteriores feitos em cadáveres humanos já haviam mostrado que há, sim, uma probabilidade (por volta de 15%) de que placas de beta-amiloide atinjam a glândula pituitária.

Em camundongos, por exemplo, já ficou demonstrado que injeções de placas de beta-amiloide tanto no cérebro quanto no abdômen desses animais os fizeram desenvolver quadro similar a Alzheimer.

A transmissão de príons por meio do HGH tem uma história de meio século. Ela começa em 1958, quando cerca de 1,8 mil pessoas de baixa estatura receberam esse hormônio extraído da hipófise de cadáveres. Parte desse hormônio, descobriu-se mais tarde, estava contaminada com príons.

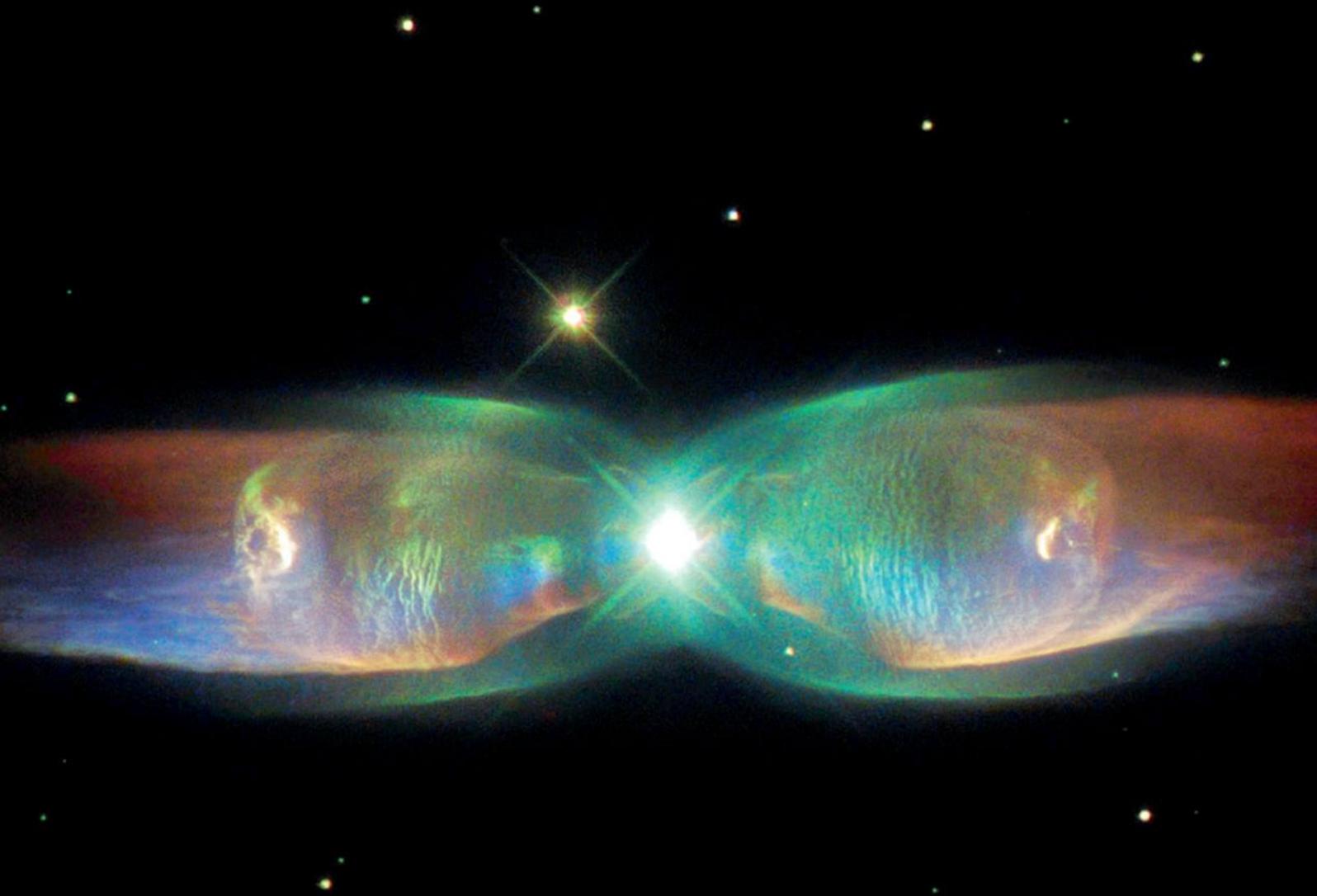
De lá até 1983, cerca de 30 mil pacientes, de vários locais do mundo, receberam HGH cadavérico. Sabe-se que cerca de 200 deles (metade na França) morreram por causa da doença de Creutzfeld-Jacob. E esperam-se mais mortes, pois o quadro leva

longo tempo até que o paciente apresente os primeiros sintomas.

Se — e esse 'se' precisa ser bem condicional — a hipótese de transmissão das placas de beta-amiloide se mostrar verdadeira, então, é notícia, ao mesmo tempo, boa e preocupante. Boa, porque a contaminação até agora desconhecida poderia ser prevenida — suspeita-se de transfusão de sangue e instrumentos cirúrgicos, por exemplo. Preocupante, porque parte daqueles 30 mil pacientes que receberam HGH poderá, então, desenvolver doença de Alzheimer, que também tem longo tempo de maturação.

No caso dos príons, a descontaminação de instrumentos e aparelhagem é um grande desafio, pois é extremamente difícil se livrar dessas proteínas anormais, já que seus aglomerados grudam em metais e exigem temperaturas altíssimas para que sejam desfeitos — e nem todos os instrumentos cirúrgicos aguentam calor tão intenso.

Pesquisadores franceses tentarão repetir os resultados de Collinge e colegas. Para isso, vão examinar entre 20 e 30 corpos de pessoas que desenvolveram a Creutzfeld-Jacob depois de receberem HGH cadavérico.



Borboleta cósmica

Há anos, quando este 'Em foco' foi proposto, um físico experiente disse: "Todos mês, teremos uma foto de astronomia". Havia fundamento no prognóstico. Afinal, as imagens cósmicas são de uma beleza intrigante. E, por sua grandeza, dão-nos aquele sentimento de pequenez que, em um mundo tomado pelo antropocentrismo, faz bem sentir vez por outra. Mas, de lá para cá, astronomia tem sido exceção aqui.

Então, para reverter essa injustiça, tem-se aqui a Nebulosa do Jato Gêmeo, em imagem novíssima, muito mais definida, feita pelo valoroso telescópio Hubble, máquina que merecia uma

estátua na Terra, pelos excelentes serviços prestados à humanidade (ver 'Hubble' em *CH 328*).

Também conhecida como Nebulosa Asas de Borboleta, ela foi formada há apenas 1,2 mil anos. Em seu centro, há duas estrelas (mais ou menos do tamanho do Sol) que levam cerca de 100 anos para girar uma em torno da outra. A velocidade de afastamento dos gases que formam as 'asas' iridescentes — criadas pela translação das duas estrelas — é de espantosos 1 milhão de km/h.

A nebulosa está a cerca de 2,1 mil anos-luz da Terra — cada ano-luz equivale a 9,5 trilhões de km. E, de ponta a ponta, ela tem cerca de 0,7 ano-luz.

ESA/HUBBLE & NASA/COSMOWATCH/EDUCATION/LODY SCHMIDT

FOTO CICERO RODRIGUES



Como o próprio uso médico da maconha é incerto, é fácil compreender que a sociedade e os legisladores estejam divididos. Por um lado, existe a escassez de dados e, por outro, um forte preconceito

ENTRE A IGNORÂNCIA E O PRECONCEITO

A iminente decisão do Supremo Tribunal Federal com relação à descriminalização da maconha para uso recreativo e médico certamente não porá fim ao intenso debate sobre os efeitos do tetra-hidrocanabinol (THC), composto que pode ser extraído de várias plantas do gênero *Cannabis*. Os efeitos psicoativos do THC, que incluem percepção alterada de tempo e espaço, mudança de humor, relaxamento, euforia e, quando ingerido em doses mais altas, alucinações, têm grande apelo para a população em geral. A categoria de substância psicoativa pode acender um sinal de alerta entre os mais conservadores, mas é preciso lembrar que essa qualificação é conferida a qualquer substância que tenha a propriedade de alterar a função cerebral. Assim, são psicoativos o popular café, alguns chás, a nicotina do tabaco, a adrenalina e, é claro, o álcool.

Em seu artigo 'Estados alterados', publicado em 27 de agosto na revista *The New Yorker*, Oliver Sacks, recém-falecido, menciona que nem os rigorosos mórmons escaparam do uso de drogas psicoativas. Ele conta que os adeptos dessa religião, proibidos de ingerir chá ou café, consumiam, durante sua longa marcha para Utah (EUA), infusões de uma erva comum encontrada à margem das estradas que serviam para mitigar a fadiga dos peregrinos. Esse chamado 'chá dos mórmons', à base da planta *Ephedra*, tinha como princípio ativo a efedrina, composto cuja ação farmacológica equivale à das anfetaminas. Por que então os mórmons aceitavam a *Ephedra* e não o chá e o café? Provavelmente por puro preconceito.

Nos dias atuais, pode-se fazer a mesma pergunta: por que a atenção especial à maconha? Talvez pela mesma razão. Ignorância sobre seus efeitos. Isso pode surpreender um pouco, pois há a impressão de que o THC já foi exaustivamente explorado tanto do ponto de vista recreativo como médico. Puro engano. Daniel Cressey comenta no artigo 'The Cannabis Experiment', publicado em agosto na revista *Nature* (v. 524, n. 7.565, p. 280-283), que a pesquisa sobre a maconha

apenas começou. Cressey mostra que, assim como no caso do tabaco na década de 1960, a pesquisa sobre a maconha hoje tem o viés de refutar quaisquer resultados contrários ao seu uso. Não se sabe, por exemplo, se fumar maconha aumenta o risco de câncer pulmonar. Igualmente, é difícil concluir sobre os supostos efeitos mentais da maconha, devido às variáveis complicadoras intrínsecas das populações investigadas, como heterogeneidade de desempenho educacional, características individuais de motivação e de desenvolvimento cerebral, e assim por diante. Entre os adolescentes, outro fator que gera confusão é a excessiva ingestão de álcool ou de outras drogas psicoativas.

Ademais, a própria dosagem de THC da maconha é variável, o que dificulta ainda mais a avaliação. Cressey mostra que, desde 1985, a concentração de THC em *Cannabis* subiu mais de cinco vezes, o que também mascara os resultados do uso médico da maconha (contra dor, náusea, convulsões etc.). Resumindo, Cressey relata que, na verdade, há poucas evidências científicas conclusivas sobre os efeitos benéficos da maconha na medicina.

Como o próprio uso médico da maconha é incerto, é fácil compreender que a sociedade e os legisladores estejam divididos (ver 'Maconha: proibição e uso', na CH 329). Por um lado, existe a escassez de dados e, por outro, um forte preconceito. O usuário da maconha é visto por muitos como um marginal, um indivíduo improdutivo que abdica de seus deveres de cidadão em nome de uma suposta felicidade farmacológica.

Embora não seja ainda possível avaliar as consequências da liberação do uso da maconha, sabe-se que essas não podem ser piores que a situação presente, que envolve traficantes. Conforme mencionado pelo ex-presidente do Uruguai, José Mujica: "Não estávamos conseguindo vencer a guerra contra o narcotráfico e descriminalizando a maconha atacamos o que eles mais prezam, que é o negócio." **CA**

FRANKLIN RUMJANEK

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

Luzes vivas

O espetáculo da bioluminescência terrestre

Os campos cerrados, as matas e os coqueirais brasileiros, quando visitados nas noites de lua nova, cálidas e úmidas, oferecem um espetáculo fascinante e grandiloquente: luzes brilhantes e coloridas despontam na escuridão.

Podem ser vistas nuvens de pontos luminosos que rasgam o ar; manchas brilhantes verdes que se assentam sobre troncos de árvores apodrecidas; lanternas caminantes no solo ou polvilhando a superfície de cupinzeiros...

Esse é o cenário da chamada bioluminescência terrestre.

Etelvino J. H. Bechara

Cassius V. Stevani

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

Anderson G. de Oliveira

*Departamento de Oceanografia Física, Química e Geológica,
Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo*



2015 - ANO
INTERNACIONAL
DA LUZ

da noite

Dinoflagelados
luminescentes produzem
luzes nas ondas do mar

Um olhar mais apurado lançado sobre a paisagem descrita anteriormente logo irá perceber que se trata de seres vivos com um dom especial: emitir luz. E, curiosamente, luz fria. Se tocados, esses seres não queimarão os dedos do observador curioso.

A lista dessas espécies inclui vaga-lumes e pirilampos, em pleno voo e corte nupcial, bem como cogumelos (fungos), atraindo insetos dispersores de células reprodutoras (esporos).

O brilho intenso dessas criaturas e a variedade de cores já atraíram a atenção de filósofos da Antiguidade, como Aristóteles (384-322 a.C.), que cita cogumelos bioluminescentes no Livro II da obra *De Anima*: “[...] algumas coisas não têm a natureza de fogo, nem alguma espécie de fogo; no entanto, produzem luz”. No Brasil, inspiraram escritores e poetas (ver ‘Relatos brasileiros’).

Crianças e adultos curiosos imediatamente se perguntam: Como esses insetos e cogumelos produzem luz? Como fazem para emitir cores diferentes? Para quê? De que serve estudar esses seres?

Estas são as perguntas centrais que tentaremos responder em seguida.

Luz fria e visível Ao longo da evolução das espécies, de forma descontínua, surgiram vários organismos capazes de emitir luz visível, de energizá-la e de, por meio dela, comunicar-se com indivíduos da mesma espécie, bem como de perceber suas presas e seus predadores.

Diferentemente da luz de lâmpadas incandescentes, a luz biológica não produz calor. As primeiras convertem energia elétrica em luz, com baixa eficiência (cerca de 5% de luz e 95% de calor), enquanto os vaga-lumes emitem luz como um dos produtos de uma reação química, com rendimento de 45%. E sua luz é fria.

Essa reação luminosa, denominada bioluminescência, ocorre invariavelmente quando uma substância combustível (luciferina) do animal transfere elétrons para o oxigênio. Ou seja, a luciferina sofre a chamada oxidação. Essa reação é acelerada (catalisada) por uma enzima específica: a luciferase.

O produto da reação (oxiluciferina) é formado no estado fluorescente, instável, que, em fração de bilionésimo de segundo, perde a energia pela emissão de luz. Assim, a bioluminescência resulta da

>>>>

conversão de energia química dos reagentes (luciferina e oxigênio) em energia luminosa, com pouca dissipação de calor.

A bioluminescência é observada em vários organismos marinhos e terrestres luminescentes – microscópicos (bactérias, dinoflagelados e fungos) e superiores (águas-vivas, anelídeos, moluscos, crustáceos, centopeias, medusas, lulas, insetos e peixes). A cor da luz produzida por essas reações percorre todo o espectro solar: vai do azul ao vermelho mais intenso.

A natureza química e a estrutura das luciferinas e luciferases, bem como a anatomia dos órgãos emissores de luz (lanternas), variam de animal para animal, sem sugerir que tenha havido, ao longo da evolução, uma origem ancestral comum para todos esses seres. Portanto, podemos inferir que as várias cores da bioluminescência foram apropriadas para exercer diferentes funções: corte e atração sexual; localização e atração de presas; camuflagem, distração ou repulsão de um predador;

agregação intraespecífica dos indivíduos (nuvens de insetos e cardumes) etc.

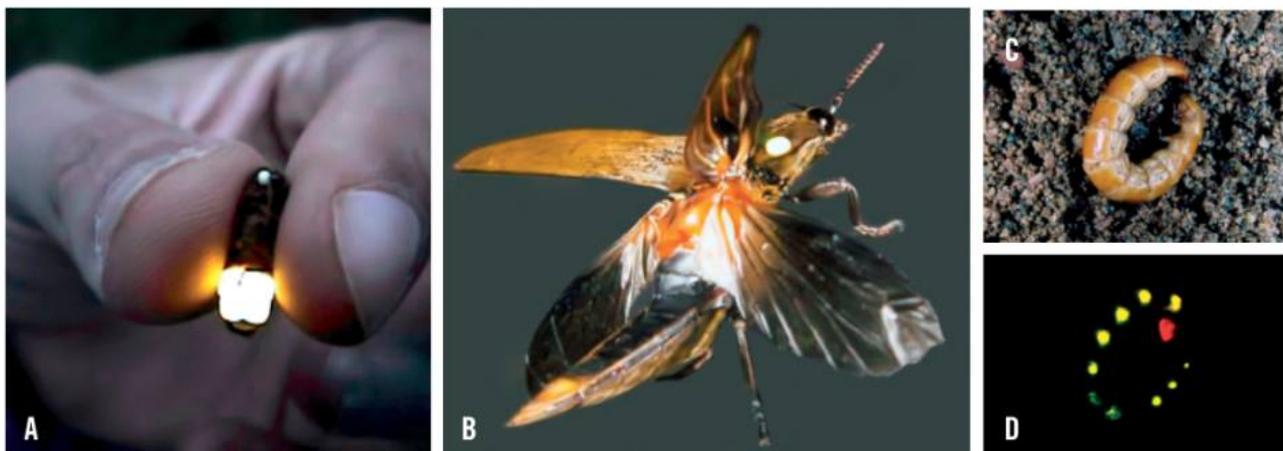
Mares, matas e cavernas Não há espécies bioluminescentes de plantas, aranhas, anfíbios, répteis, pássaros e mamíferos. Os grupos de animais e fungos citados até aqui nos indicam que a bioluminescência é mais frequente no ambiente marinho e no escuro – principalmente, nas camadas mais profundas dos mares (abaixo de 200 m, onde basicamente só chega o azul da luz solar) e no interior de matas fechadas ou charcos à noite. Nesses ambientes praticamente sem luz, a comunicação intra e interespecie fica facilitada.

Os espetáculos de bioluminescência mais famosos e visitados todos os anos por milhares de turistas no mundo são: i) a baía Fosforescente, em San Juan (Porto Rico), com ondas iluminadas pelo azul emitido por dinoflagelados (organismos unicelulares do plâncton); ii) as cavernas de Waitomo (Nova Zelândia), onde larvas de uma mosca repousam em colares de esferas gosmentas que caem do teto e emitem luz azul; iii) os cardumes de peixe-lanterna no golfo de Aqabq, no mar Vermelho, revelados por enormes manchas azuis; iv) os milhares de cupinzeiros luminosos do Parque Nacional das Emas (GO), onde larvas de um pirilampo são inquilinos da superfície dos cupinzeiros, de onde caçam suas presas aladas, atraídas pela luz verde que as larvas emitem.



FOTOS: ASSIS E STEWART / IQ-USP

Figura 1. Em A, o verme marinho *Chaetopterus variopedatus* dentro de seu tubo. Em B, fora dele. Em C, caranguejo inquilino. Em D, dentro de um tubo de vidro em laboratório. Em E, sua bioluminescência azul



Vermes luminosos O verme marinho *Chaetopterus variopedatus* vive em tubos de até 25 cm, em forma de 'U', geralmente enterrados na areia, com apenas as duas extremidades do tubo visíveis. Habita desde águas rasas até a profundidade de 10 m, sendo muito comum no mundo todo. Esses vermes são filtradores e, dessa forma, alimentam-se de detritos ou plâncton.

Muitas vezes, dentro dos tubos é possível encontrar pequenos crustáceos que, ao viverem com o verme, acabam ganhando abrigo e proteção contra predadores. Em laboratório, podem-se manter exemplares desses vermes em tubos de vidro dentro de aquários, o que permite estudar seus hábitos (figura 1).

O corpo desse animal consiste em três partes distintas: uma 'cabeça' anterior; uma região intermediária, com estruturas especializadas para alimentação; e a última e mais longa região, segmentada, que, quando estimulada, emite, por segundos, *flashes* de luz azul, ao mesmo tempo que ocorre a secreção de um muco.

Uma substância proteica poderia ser responsável pela emissão de luz nesses organismos. Entretanto, a real natureza desse composto e o exato mecanismo da reação ainda são um mistério.

Insetos luminescentes Na classe dos insetos, destacam-se – por sua intensa luminosidade (do verde ao vermelho) e seus complexos padrões de acasalamento – as famílias de vaga-lumes, pirilampos (ou salta-martins) e trenzinhos (ou bondinhos), mostrados na figura 2.

Os vaga-lumes (*Lampyridae*) têm, sob o abdômen, uma ou mais lanternas amarelo-esverdeadas, responsáveis pelo pisca-pisca. Já os pirilampos (*Elateridae*) possuem um par de lanternas verdes sobre o pró-tórax, parecendo um par de olhos ou os faróis de um carro quando cami-

nam sobre as folhas, e uma lanterna alaranjada na conexão tórax-abdômen, exposta no voo. E, finalmente, as larvas e fêmeas dos trenzinhos (*Phengodidae*) têm 11 pares de lanternas abdominais laterais e uma ou mais lanternas sobre a cabeça, tal qual uma maria-fumaça andando sobre os trilhos à noite com janelas iluminadas. Todos esses insetos são coleópteros ou besouros.

Figura 2. Em A, vaga-lume. Em B, pirilampo em voo. Em C, fêmea de verme trenzinho. Em D, bioluminescência do verme

>>>

RELATOS BRASILEIROS

Seres bioluminescentes constam no relato do colono português Gabriel Soares de Souza (1540-1591) a D. Felipe I (1527-1598), rei de Portugal e Espanha, em *Notícia do Brasil* (ou *Tratado descritivo do Brasil*), de 1587, na qual citou *mamoás* (vaga-lumes) e *buijejas* (provavelmente, trenzinhos). Também inspiraram romancistas e poetas, como Machado de Assis (1839-1908) e Graça Aranha (1868-1931):

Bailando no ar, gemia inquieto vaga-lume:

**“Quem me dera que fosse aquela loura estrela,
Que arde no eterno azul, como uma eterna vela!”**

Mas a estrela, fitando a lua, com ciúme: [...]

'Círculo vicioso', de Machado de Assis

Neste verso, o vaga-lume ambicioso ousa se comparar ao brilho das estrelas, sustentado por energia nuclear, ordens de grandeza superiores às da energia química.

“Os primeiros vaga-lumes começavam no bojo da mata a correr suas lanternas divinas. No alto, as estrelas miúdas e sucessivas principiavam também a iluminar. [...] E os pirilampos se incrustavam nas folhas, aqui, ali e, além, mesclados com os pontos escuros, cintilavam esmeraldas, safiras, rubis, ametistas e as mais pedras que guardam parcelas das cores divinas e ternas [...]” *Canaã*, de Graça Aranha

Aqui, o escritor, encantado com o cenário, comete licença poética ao atribuir cores inexistentes nas lanternas de vaga-lumes e pirilampos, como o púrpura das ametistas.

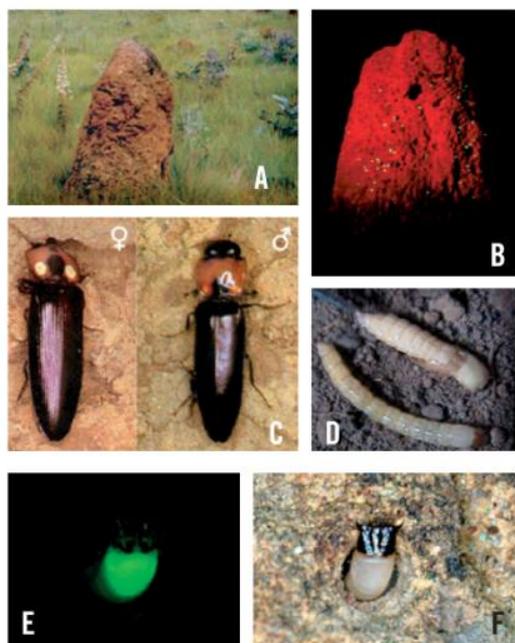


Figura 3. Em A e B, cupinzeiros luminosos do cerrado no Brasil central, em Mato Grosso do Sul e Goiás. Em C, fêmea (esquerda) e macho adultos do pirilampo *Pyrearinus termitilluminans*. Em D, larvas do pirilampo. Em E e F, larva do pirilampo em atividade de predação nas 'janelas' do cupinzeiro, emitindo luz para atrair presas voadoras (cupins, formigas) e capturá-las

Miríades de larvas de moscas luminescentes polvilham os tetos de cavernas da Nova Zelândia e sudeste da Austrália, emitindo luz azul. Em seu conjunto, lembram um céu estrelado que se apaga ao ruído de palmas e, lentamente, retorna seu brilho.

No voo nupcial, os vaga-lumes identificam-se pela cor, intensidade e frequência dos *flashes*, bem como pela coreografia da dança aérea, pelas respostas aos *flashes* dos parceiros pousados sobre a vegetação e pelas posições de monta. Mesmo assim, a tentativa de prevenir encontros malsucedidos entre diferentes espécies é boicotada por *femmes fatales* de *Photinus*, *Photuris* e *Pyraclomena*, as quais imitam os sinais das fêmeas de outras

espécies para atrair seus machos e devorá-los em seguida.

Por sua vez, uma nuvem de pirilampos machos alça voo logo após o pôr do sol, expondo lanternas ventrais de cor laranja (figura 3). Em seus voos rasantes sobre as folhas das árvores, localizam fêmeas com as lanternas verdes torácicas acesas.

Cupinzeiros brilhantes De setembro a dezembro, logo após a chuva da tarde e o pôr do sol, na ausência de vento, centenas de cupinzeiros nos campos do cerrado de Goiás acendem luzinhas verdes em sua superfície, em um pisca-pisca frenético que atrai nuvens de siriris (cupins adultos), formigas aladas e besouros. Lembram árvores de Natal.

São larvas de pirilampo caçando seu jantar. Elas vivem dentro de uma rede intrincada de túneis escavados no interior do cupinzeiro, com saídas para fora, onde expõem sua cabeça com mandíbulas poderosas e o pró-tórax brilhante (figura 3D, E e F).

Por sua vez, os insetos atraídos pela luz trazem outros predadores do cupinzeiro para sua superfície (lacraias, escorpiões, aranhas e opilhões), os quais convidam sapos e pássaros para o banquete.

Sementes dos excrementos das aves caem sobre o solo, nucleando a vegetação em torno do cupinzeiro. Tatus, coelhos, cobras, taman-

FOTOS: SÉRGIO WANN (BISPI) / COLEÇÃO DA REVISTA VIRTUAL DE QUÍMICA (REV. BECHARÉ WANN, 2013)

TECNOLOGIAS DA BIOLUMINESCÊNCIA

A alta eficiência da reação química da bioluminescência possibilita manipular a cor da luz gerada nesse fenômeno. Isso é feito empregando-se luciferases mutantes, bem como técnicas da biologia molecular e da engenharia de sensores de luz (fotômetros) ultrasensíveis.

O resultado é um método, com base na detecção da luz, de altíssima precisão na

análise de amostras (sangue, urina, suor, lágrimas, alimentos, água tratada etc.), permitindo, inclusive, monitorar a contaminação bacteriana na prevenção de infecções hospitalares. Na engenharia genética, as luciferases mutantes agem como 'repórteres' multicolores na identificação de alvos desejados (proteínas, por exemplo). Avanços tecnológicos mais recentes da bioquímica do sistema luciferina/luciferase de vaga-lumes incluem a substituição de radioimunoensaio – método que emprega átomos radiativos caros e perigosos – por

lumi-imunoensaios, que detectam alvos clínicos de interesse (enzimas, metabólitos, íons) por meio de reações que emitem luz.

Na área de biomedicina e ciências ambientais, há a promessa de desenvolvimento dos chamados nanobastões quânticos semicondutores. Esses diminutos dispositivos – cuja dimensão está na casa do bilionésimo de metro – agiriam como receptores, amplificadores (de 20 a 30 vezes) e modulares da cor da luz emitida pela luciferase ligada a eles.

duas também se beneficiam indiretamente da oferta de alimento.

É um espetáculo ímpar no planeta em franco processo de extinção – hoje, praticamente restrito a parques nacionais e a clareiras da floresta amazônica.

A luz das flores-de-coco Em matas úmidas, o olhar atento no escuro vai descobrir várias espécies de cogumelos autoiluminados de verde, distribuídos em troncos e folhas em decomposição e até árvores vivas. Esses fungos, por meio de enzimas, degradam a lignina (substância que confere rigidez ao tecido vegetal) e digerem celulose, disponibilizando nutrientes para níveis superiores da cadeia alimentar do solo.

A luz emitida por esses fungos é produzida por uma luciferina recém-descoberta, com fluorescência verde, diferente da luciferina do vaga-lume. Ela consome oxigênio na presença de uma luciferase, cuja estrutura também está a caminho de elucidação.

Formidável foi a descoberta de que a bioluminescência do fungo flor-de-coco (*Neonothopanus gardneri*), encontrado no Piauí, é controlada por um relógio biológico, cujo ritmo circadiano apresenta pico aproximadamente às 22 horas (figura 4).

Se os insetos, em pleno voo, emitem luz para acasalarem-se, qual seria o papel da bioluminescência nos cogumelos, imóveis?

Uma possibilidade testada com cogumelos de plástico iluminados com LEDs verdes – e comprovada em cogumelos que crescem em coqueiros do Piauí – é a atração de vários insetos, que neles pousam e deles se alimentam, transportando seus esporos em seus corpos, para dispersá-los posteriormente pelo solo da floresta.

Aplicações da bioluminescência A bioanalítica (análise química de amostras biológicas) e a bioengenharia vêm empregando, por exemplo, genes clonados das luciferases de vários organismos, de insetos a medusas – por sinal, nestes últimos, a descoberta de uma proteína fluorescente verde, conhecida pela sigla GFP, deu o Nobel de Química de 2008 ao japonês Osamu Shimomura e aos norte-americanos Martin Shalfie e Roger Tsien.

Isso atesta o sucesso da bioluminescência nessas e outras áreas (ver ‘Tecnologias da bioluminescência’). Mais ainda: demonstra os enormes retornos financeiros e de bem-estar do financiamento dado à pesquisa de biolumi-



Figura 4. Micélio (filamentos) e cogumelos do fungo flor-de-coco – encontrado no Piauí – sob a luz e no escuro

nescência, na qual se buscam tanto novas fontes de luz biológica quanto os mecanismos subjacentes a essas reações. Tudo isso sem contar a revelação de novos espetáculos coloridos de luzes biológicas no escuro, comportamentos de predação e acasalamento sofisticados, bem como relações determinantes com a flora e fauna do hábitat.

Hoje, o Brasil tem a situação confortável de concentrar o maior número de pesquisadores e a mais ampla *expertise* mundial na pesquisa em bioluminescência terrestre. 

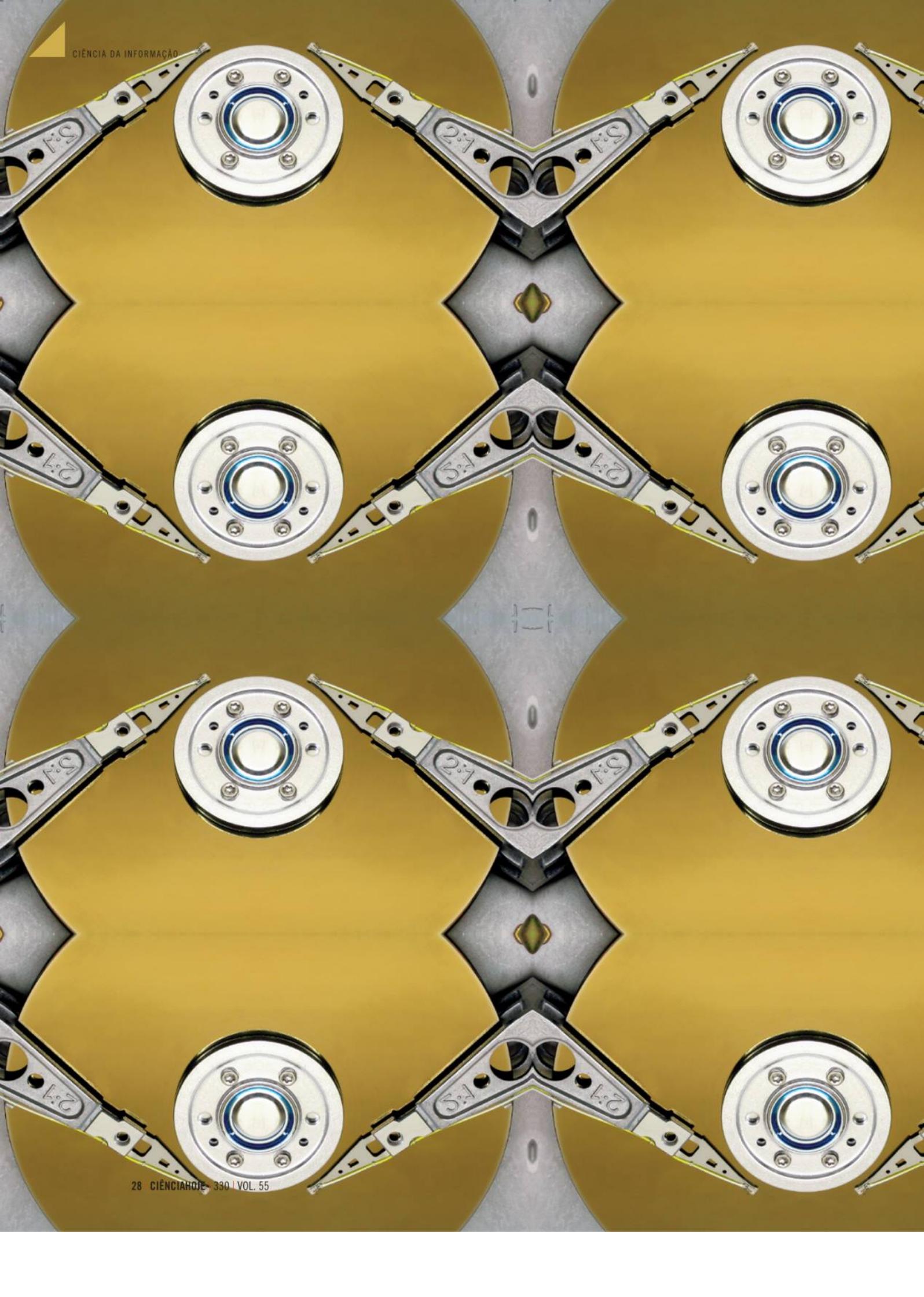
Sugestões para leitura

BECHARA, E. J. H.; VIVIANI, V. R. ‘Luzes vivas na escuridão: fatos e casos’. *Revista Virtual de Química*, v. 7, pp. 3-40, 2015.

OLIVEIRA, A. G.; STEVANI, C. V.; WALDENMAIER, H. E.; VIVIANI, V.; EMERSON J. M.; LOROS, J. J.; DUNLAP, J. C. ‘Circadian control sheds light on fungal bioluminescence’. *Current Biology*, v. 25, pp. 964-968, 2015.

MIGLIACCIO, M. I.; BECHARA, E. J. H.; COSTA, C.; VANIN, S. A.; COLEPICCOLO NETO, P. ‘Cupinzeiros luminescentes’. *Ciência Hoje* v. 3, n. 16, pp. 92-93, 1985.

VENTURA, F. F.; SILVA, R. T. P.; STEVANI, C. V. ‘História do fungo bioluminescente flor-de-coco (*Neonothopanus gardneri*) e efeitos das condições de cultura sobre a emissão de luz’. *Revista Virtual de Química*, v. 7, pp. 41-55, 2015



Documentos digitais

O desafio da preservação

O surgimento e a disseminação das novas tecnologias da informação e comunicação provocaram profundas alterações na produção de documentos nas mais diversas áreas, impulsionando o registro de informações em formatos digitais. Mas a velocidade da evolução tecnológica, que torna equipamentos e programas rapidamente obsoletos, cria obstáculos à longevidade dos documentos digitais, colocando em risco parte da memória da sociedade. Para enfrentar o problema, é preciso definir e adotar metodologias que garantam a preservação desses registros em longo prazo.

Henrique Machado dos Santos

Grupo de Pesquisa Gestão Eletrônica de Documentos Arquivísticos e Grupo de Pesquisa Patrimônio Documental Arquivístico, Universidade Federal de Santa Maria

Daniel Flores

Grupo de Pesquisa Gestão Eletrônica de Documentos Arquivísticos, Grupo de Pesquisa Patrimônio Documental Arquivístico e Departamento de Documentação, Curso de Arquivologia, Universidade Federal de Santa Maria

Com o surgimento das tecnologias da informação e comunicação, a sociedade contemporânea experimentou mudanças significativas em seus hábitos. Em relação ao registro de informações, por exemplo, observa-se uma evolução nos mecanismos de escrita, armazenamento e acesso.

Segundo os pesquisadores José Osvaldo De Sordi, do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas (São Paulo), e Renato Tarciso de Sousa, da Universidade de Brasília, a tecnologia da informação levou ao aumento do volume de dados registrados pelas sociedades humanas. Há uma dependência dessa quantidade exacerbada de informações, consideradas fundamentais para o exercício de diversas funções, tanto no setor público, quanto no privado.

A informação, quando registrada em um suporte, configura a existência de um documento, que pode ser, por exemplo, um memorando, um ofício, uma ata ou uma fotografia. Tradicionalmente, as informações eram registradas somente em suportes convencionais, como o pergaminho, o papiro e, mais recentemente, o papel, que foi difundido em escala global, tornando-se um padrão universal.

Entretanto, a inserção das ferramentas de tecnologia da informação e comunicação, principalmente no campo administrativo e de pesquisa, possibilitou a expansão do registro da informação, que começou a ser armazenada também em suportes eletrônicos, como a fita magnética, o disco rígido, o CD e o DVD, todos acessíveis somente por meio de um equipamento eletrônico.

O fato de a informação ser registrada em suportes eletrônicos não descaracteriza o conceito de documento, pois o registro continua sendo feito, porém em um suporte com certas peculiaridades. O documento digital, por exemplo, é a informação registrada, codificada em dígitos binários, acessível e interpretável por meio de um sistema computacional. Portanto, o que mudou foi a forma de criação, armazenamento, acesso, difusão e, principalmente, a preservação do documento.

Novas tecnologias, novos desafios A evolução tecnológica vem impactando diversos setores da sociedade contemporânea, o que pode ser facilmente constatado pela disseminação de computadores, *tablets* e cartões magnéticos.

No campo da pesquisa, por exemplo, a presença de novas tecnologias, bem como o surgimento do documento digital, proporcionou uma revolução na comunicação científica, evidenciada pela criação de revistas eletrônicas e de bases de dados. A disseminação dos resultados de estudos científicos por meio de formatos digitais na internet teve grande aceitação dos pesquisadores, devido à facilidade de acesso a diversos conteúdos sem precisar se deslocar, o que aumentou o impacto das publicações no meio acadêmico.

As novas tecnologias também vêm exercendo forte influência na moderna administração. A implementação de sistemas de gestão empresarial fez do computador não mais um acessório, e sim um componente fundamental para qualquer organização contemporânea. Entre os resultados da moderna administração, pode-se citar o aumento da produção de documentos, tanto em suportes convencionais quanto eletrônicos. Para apoiar a administração das organizações diante do grande volume de documentos produzidos, armazenados e difundidos por meio de computadores, surgiu a demanda por sistemas de gestão eletrônica que proporcionem maior agilidade na tramitação de documentos e na designação de tarefas organizacionais.

A introdução de novas tecnologias, com a consequente produção de documentos digitais, também ocorre, entre outras, nas áreas da saúde, educação, agricultura, pecuária, comunicação e, massivamente, na robótica e na computação. Todos precisam registrar informações consideradas relevantes para serem usadas posteriormente, como a evolução do tratamento de determinada doença, o cultivo de um alimento ou imagens de uma sonda espacial. O conteúdo intelectual que um documento digital pode contemplar é muito amplo.

Devido à constante evolução dessas tecnologias, novas ferramentas são criadas, e as antigas, consideradas menos práticas, são gradativamente descartadas, tornando-se obsoletas. Esse ciclo de transformações é considerado tão natural como a mudança de antigos padrões de beleza, mas não é tão simples quanto parece.

Na criação de um documento digital, cada programa de computador usado pode produzir diferentes formatos e versões de arquivo. Um documento de texto pode ter, por exemplo, a extensão 'doc', 'docx' (se for feito com uma versão mais recente do programa) ou 'rtf'. O mesmo pode acontecer na criação de imagens, áudios, vídeos, bases de dados etc.

A diversidade de programas de computador, suportes de armazenamento, formatos de arquivo, equipamentos e sistemas operacionais aumenta a complexidade da preservação de documentos digitais. Essa atividade, no entanto, não tem recebido a devida atenção, o que poderá acarretar perdas de documentos que deixarão lacunas irrecuperáveis na memória das sociedades contemporâneas.

Vulnerabilidade digital Embora proporcionem maior praticidade, os documentos digitais trazem consigo vários problemas associados à tecnologia.

Segundo a cientista da informação Maria Odila Fonseca (1940-2007), o documento passou de objeto físico a objeto conceitual. Ou seja, sua aparência agora se sobrepõe à sua forma física; o importante é a sua representação, aquilo que se vê e não o seu conteúdo nas sequências de *bits*, que representam a menor unidade da informação que pode ser armazenada ou transmitida. Nesse sentido, o pesquisador Luís Fernando Sayão, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, acrescenta que as informações registradas em meio digital dependem de um conjunto de tecnologias específicas para serem corretamente interpretadas, de modo diferente do que acontecia com a informação registrada em suportes convencionais.

Diversos estudos, como os dos pesquisadores Humberto Innarelli, da Universidade Estadual de Campinas, Miguel Ferreira, da empresa portuguesa Keep Solutions, Amarilis Corrêa, da Universidade de São Paulo, e Miguel Márdero Arellano, do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, e os do Conselho Nacional de Arquivos e da Pesquisa Internacional sobre Documentos Arquivísticos Autênticos Permanentes em Sistemas Eletrônicos (InterPARES, na sigla em inglês), apontam que os documentos digitais têm uma série de complexidades e especificidades. Entre elas, a vulnerabilidade e a facilidade de alterar, reformatar e falsificar sem deixar qualquer vestígio poderão comprometer a sua autenticidade e o seu acesso no futuro. Além disso, é possível excluir diversos documentos de maneira 'silenciosa'.

Fragilidades como essas podem ser facilmente percebidas ao se compararem os documentos digitais com os convencionais. Alterações na escrita de um documento em suporte convencional deixam diversos vestígios. Da mesma forma, ao se eliminarem diversos documentos nesse suporte, será possível perceber a sua falta, devido à redução do volume ocupado. Por outro lado, tanto a alteração quanto a exclusão de documentos digitais não serão percebidas tão facilmente.

Segundo a pesquisadora Marilena Leite Paes, do Conselho Nacional de Arquivos, conhecer a dimensão do problema é uma questão fundamental, pois o uso inadequado das ferramentas de tecnologia da informação poderá ser responsável pela perda de conjuntos documentais, colocando em risco a integridade dos acervos.





ESTRATÉGIAS DE PRESERVAÇÃO

Existem várias estratégias de preservação de documentos digitais, das quais destacam-se:

MIGRAÇÃO: transferência de um documento digital de um suporte obsoleto, fisicamente deteriorado ou instável para um mais novo; de um formato ultrapassado para outro mais atual ou padronizado; e de uma plataforma computacional prestes a ser descontinuada para outra mais moderna. Tem a vantagem de interpretar os documentos por meio de tecnologias atuais, mas pode provocar alterações na cadeia de *bits*. Para que não haja perda de sentido na representação, recomenda-se seu uso para objetos estáticos, como fotografias e documentos de texto.

EMULAÇÃO: uso de recursos computacionais para fazer uma tecnologia atual funcionar com as características de uma obsoleta, garantindo assim que o documento possa ser interpretado. É recomendado quando se deseja manter características fundamentais dos documentos, por causa de seu alto grau de fidedignidade, mas tem o grande problema de que o emulador também sofrerá obsolescência.

ENCAPSULAMENTO: reunião de toda a informação necessária para a correta representação do documento. Recomenda-se seu uso para auxiliar no desenvolvimento de formatos de arquivos independentes de sistemas e programas interpretadores. Sua desvantagem é que demanda maior espaço lógico de armazenamento.

PRESERVAÇÃO DA TECNOLOGIA: manutenção de todo o contexto tecnológico em que o documento foi criado e armazenado, ou seja, visa preservar os computadores com suas respectivas funcionalidades. Apesar de garantir a correta representação dos documentos digitais, é uma estratégia cara em longo prazo, devendo ser usada apenas por curto período.

REFRESCAMENTO: limita-se à transferência da informação de um suporte físico de armazenamento considerado antigo para outro mais atual. Esse procedimento deve ser realizado antes que o suporte antigo se deteriore ou fique obsoleto. É eficiente na preservação do suporte e tornou-se um pré-requisito para qualquer acervo, mas deve ser auxiliado por outras estratégias.

Nesse cenário, Humberto Innarelli destaca que os documentos digitais são perdidos com a mesma facilidade com que são produzidos. Essa vulnerabilidade pode ser atribuída a diversos fatores, pois tanto os equipamentos e programas de computador quanto os suportes usados para registro da informação estão em constante mudança, sendo esta a principal causa da perda e inacessibilidade de documentos digitais.

A ausência de políticas de preservação digital nas instituições torna mais grave a situação. Problemas como a incompatibilidade entre arquivos e programas, a degradação das mídias de armazenamento e a aplicação de métodos de preservação sem conhecimento prévio podem causar danos irreparáveis aos documentos digitais.

Proteção à memória A fragilidade da preservação dos documentos digitais decorrente da obsolescência tecnológica preocupa os pesquisadores de arquivologia, biblioteconomia, ciência da informação e áreas afins, já que pode levar à perda de documentos de valor social, cultural e histórico, suprimindo parte da memória da sociedade.

Portanto, torna-se fundamental a adoção de estratégias de preservação digital para manter os registros documentais (ver 'Estratégias de preservação'). A aplicação desses procedimentos exige um conhecimento técnico na área de informática, o que reforça a necessidade da interdisciplinaridade para garantir o sucesso das atividades de preservação.

Embora haja diversos estudos que apontam para o risco da perda de documentos digitais, ainda se está longe de encontrar uma solução definitiva para o problema. A preservação digital não será resolvida de forma isolada: é preciso sincronizar profissionais, tecnologias e metodologias. Afinal, o sistema é maior que a soma de suas partes. 

Sugestões para leitura

FERREIRA, M. *Introdução à preservação digital: conceitos, estratégias e atuais consensos*. Portugal: Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2006. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/5820/1/livro.pdf>.

INNARELLI, H. C. 'Preservação digital e seus dez mandamentos'. In: SANTOS, V. B. (Org.). *Arquivística: temas contemporâneos, classificação, preservação digital, gestão do conhecimento*. Distrito Federal: Senac, p. 21-75, 2007.

MÁRDERO ARELLANO, M. Á. *Crítérios para a preservação digital da informação científica* (tese). Universidade Federal de Brasília, Departamento de Ciência da Informação, 354 p., 2008. Disponível em: http://btdtd.bce.unb.br/tesedsimplicado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=4547.

SANTOS, H. M.; FLORES, D. 'Preservação de documentos arquivísticos digitais autênticos'. *Acervo*. Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 241-253, jan/jun 2015. Disponível em: <http://linux.an.gov.br/seer/index.php/info/article/view/740>.



FOTO MARCELO PINHEIRO/INSTITUTO BIODIVERSIDADE

O cerrado é considerado a savana mais rica do mundo, composta por um mosaico natural de formações vegetais que abrigam alta biodiversidade, com muitas espécies endêmicas. No entanto, pouca atenção é dada aos números por trás dessas características, que, somadas ao elevado grau de destruição do bioma, fazem dele uma área prioritária de conservação. Aqui apresentamos dados compilados pela Rede de Pesquisas ComCerrado, iniciativa de universidades e organizações não governamentais dedicadas a aumentar o conhecimento sobre esse conjunto de ecossistemas, de modo a orientar a adoção de estratégias eficazes de preservação.

Vista parcial da serra do Espinhaço (MG), uma das regiões com maior número de espécies endêmicas no cerrado



Cerrado

Terra incógnita

do século 21

Ludmilla M. S. Aguiar

Ricardo B. Machado

Renata D. Françoso

Departamento de Zoologia,

Universidade de Brasília

Ana Carolina Neves

Geraldo Wilson Fernandes

Departamento de Ecologia e Biologia Geral,

Universidade Federal de Minas Gerais

Fernando Pedroni

Maryland S. Lacerda

Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde,

Universidade Federal do Mato Grosso,

Guilherme B. Ferreira

Joaquim de Araújo Silva

Instituto Biotrópicos (Minas Gerais)

Mercedes Bustamante

Departamento de Ecologia,

Universidade de Brasília

Soraia Diniz

Instituto de Biociências,

Universidade Federal do Mato Grosso

O cerrado é um complexo de formações vegetais que inclui campos, savanas e florestas. Quando comparado com formações equivalentes dos continentes africano, asiático e australiano, esse bioma apresenta diversidade biológica muito mais rica (figura 1). Suas plantas, por exemplo, totalizam 13.140 espécies, que incluem ervas, arbustos, árvores e cipós, com densidade que pode alcançar até 450 espécies por hectare. Esse total representa cerca de 36,9% das espécies da flora do Brasil ou 4,8% das espécies vegetais do mundo.

Há também um número expressivo de aves e mamíferos no cerrado. Quase a metade das 1.753 espécies de aves do país ocorre nesse bioma. Considerando sua área de cerca de 2 milhões de km², a densidade de espécies equipara-se à da Amazônia. Com relação aos mamíferos, das 701 espécies brasileiras, 251 são encontradas no cerrado. Desse número, 117 são morcegos. Outros mamíferos, como roedores e marsupiais, também têm grande diversidade nesse bioma. Além disso, muitos roedores são endêmicos, ou seja, só existem no cerrado. Talvez um dos casos mais emblemáticos seja o do rato-candango, espécie descrita na época da construção de Brasília e considerada extinta atualmente. Seu nome científico, *Juscelinomys candango*, foi uma homenagem ao então presidente Juscelino Kubitschek, que aparentemente não gostou muito da ideia de ter seu nome associado a um rato. O cerrado >>>

abriga ainda diversos mamíferos de grande porte, que têm importante papel nos ecossistemas: são 11 espécies com peso mínimo superior a 20 kg, como o tamanduá-bandeira, o tatu-canastra, o lobo-guará, a onça-pintada e a anta – o maior mamífero terrestre do Brasil.

Também é notável nesse bioma a diversidade de anfíbios (rãs, sapos e pererecas) e répteis (lagartos, cobras e cobras-de-duas-cabeças), que totalizam, respectivamente, 204 e 278 espécies. Para os anfíbios do cerrado, faltam informações mais detalhadas e precisas. Para os répteis, no entanto, a riqueza média, calculada a partir do número de espécies obtido em vários estudos, é comparável à de regiões florestais como a Amazônia (são 22 espécies no cerrado contra 24,2 em florestas tropicais).

Informações confiáveis sobre a riqueza de espécies de peixes no cerrado são escassas, devido à carência de inventários sistemáticos. Entretanto, há um consenso de que é elevada. Por exemplo, em uma extensão de cerca de 50 km do rio Araguaia, foram registradas 162 espécies de peixes pequenos, sem incluir os grandes peixes esportivos e de valor comercial, como pirarucu, pintado e aruanã. Se considerarmos a riqueza de ambientes aquáticos existentes no cerrado, como correntes de águas perenes, correntes sazonalmente intermitentes, rios caudalosos, córregos e veredas, e que o cerrado inclui as bacias do Araguaia-Tocantins, do São Francisco e do Paraná, a diversidade de peixes pode facilmente ultrapassar 1.200 espécies.

Além disso, o cerrado é o bioma com o maior número de insetos galhadores do mundo. Esses animais são aqueles que induzem o crescimento de estruturas anormais nos tecidos das plantas (ver 'As galhas: tumores de plantas', em CH 4). Recentemente, foi também registrada uma grande riqueza de fungos micorrízicos (asso-

ciados às raízes das plantas) no bioma, que abriga cerca de 25% das espécies do planeta apenas em seus campos rupestres.

Singularidades do cerrado Devido ao alto nível de destruição de seus ambientes naturais e à sua grande biodiversidade, o cerrado é considerado um *hotspot* ecológico, uma área prioritária de conservação. Um dos principais aspectos para essa classificação é seu número de espécies endêmicas. Quando uma espécie está confinada em certa unidade de área natural (bacia, bioma ou cadeia montanhosa), diz-se que ela é endêmica. O número de espécies endêmicas de uma região é um importante indicador de seu isolamento de outros ambientes ao longo do tempo.

O cerrado tem grande taxa de endemismo: cerca de 38% das plantas, 37% dos lagartos e serpentes, 50% dos anfíbios, 12% dos mamíferos e 4% das aves do bioma são endêmicos. Essas são as verdadeiras espécies do cerrado; o desaparecimento delas significaria uma extinção global, já que não ocorrem em nenhum outro local do planeta.

A distribuição das espécies endêmicas no cerrado não é homogênea: sua concentração é maior em algumas regiões do que em outras. Áreas com elevadas altitudes, como a serra do Espinhaço e as chapadas dos Veadeiros e dos Guimarães, somadas à planície do rio Araguaia, talvez sejam as mais relevantes em termos de endemismo tanto da fauna quanto da flora.

FOTO RICARDO B. MACHADO/IBR

Espécie de lagarto encontrada no cerrado e ainda não descrita



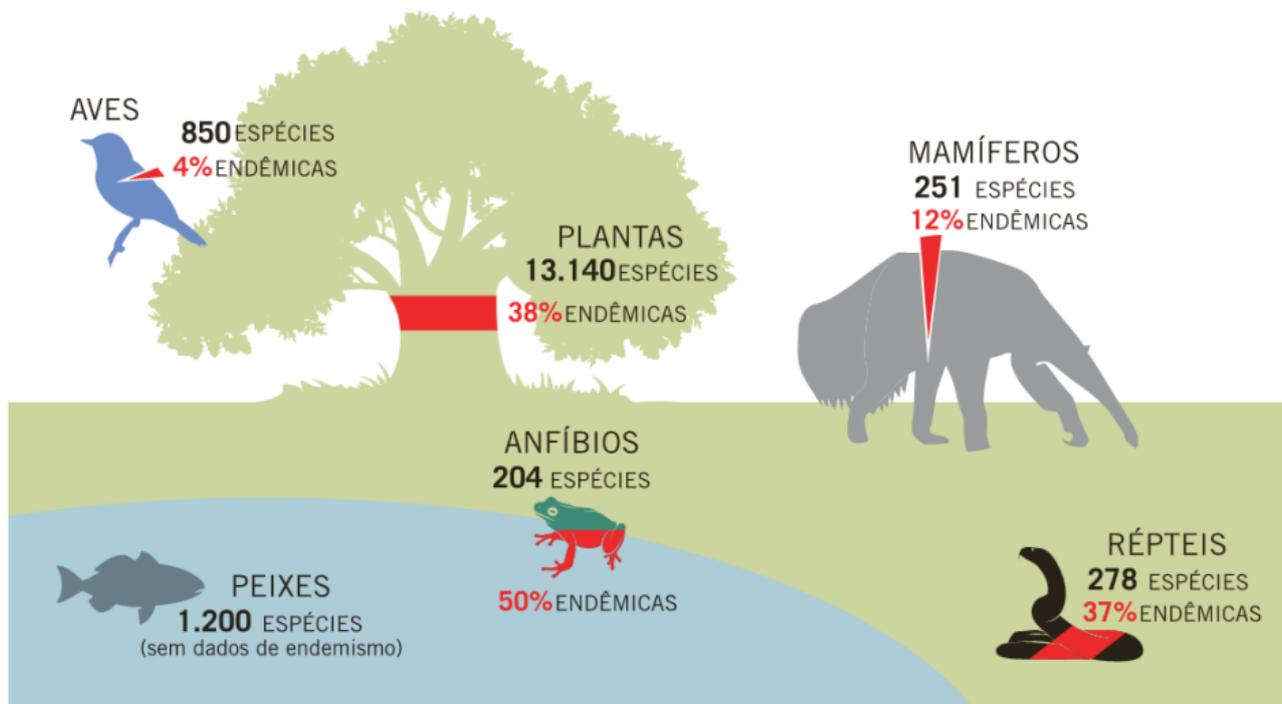


Figura 1: Diversidade de espécies e percentual de endemismo no cerrado

Apesar da alta diversidade já identificada no cerrado, há ainda muito a ser pesquisado, pois espécies desconhecidas para a ciência são frequentemente encontradas em pesquisas de campo no bioma. Para se ter uma ideia desse potencial, das cerca de 1.300 novas espécies de vertebrados (grupo que inclui peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos) descritas no Brasil nos últimos 30 anos, 340 foram encontradas no cerrado, o que equivale a quase uma espécie por mês.

As descobertas feitas no cerrado também incluem animais que habitaram a região em um passado não muito remoto. Considerando apenas os mamíferos, sabe-se que pelo menos 40 espécies pastavam e corriam pelo cerrado até o mais recente evento de mudança climática, ocorrido há 12 mil anos. Os humanos brasileiros primitivos tiveram o privilégio de conhecer espécies magníficas, como a preguiça-gigante, que tinha 6 m de altura, ou o tatu-gigante, que chegava a 3 m de comprimento. Essa megafauna era a principal dispersora de diversos frutos do cerrado, como araticum, baru, pequi e jatobá. Alguns parentes próximos desses animais extintos ainda vivem na região. O cachorro-vinagre, por exemplo, é uma versão menor do canídeo extinto *Speothos pacivorus*, descrito pelo paleontólogo dinamarquês Peter Lund por meio de fósseis encontrados na região de Lagoa Santa, em Minas Gerais.

Bens e serviços ambientais Além de seu valor estético, o cerrado contribui de diversas maneiras para o bem-estar humano por meio da provisão de bens e serviços ecossistêmicos. Sua biodiversidade é usada pelas populações locais, seja por meio do consumo de várias

plantas nativas na forma de remédios, chás, garrafadas e emplastos, seja pela exploração de madeira para diversos fins. Um dos exemplos é o uso da rutina, substância que fortalece os vasos sanguíneos, e da isoquersetina, empregada no tratamento de diabetes e catarata. Ambas são retiradas da fava-d'anta, árvore típica do cerrado. Outra substância bastante usada é o alpha-bisabolol, que tem propriedades anti-inflamatória, antibacteriana, calmante e cicatrizante e é extraído de outra planta do cerrado, a candeia.

Com a destruição do cerrado, perdem-se também os serviços fornecidos gratuitamente pelos seus ecossistemas. Esse bioma é o responsável, por exemplo, pela manutenção da dinâmica hídrica de diversas bacias hidrográficas do Brasil, como as do Amazonas, Araguaia-Tocantins, Parnaíba, São Francisco, Paraná e Paraguai, e de aquíferos como o Guarani. A vegetação do cerrado, em particular os campos úmidos e as várzeas, absorve a água no período chuvoso e regula seu fluxo para os rios da região. As matas ciliares têm papel fundamental na manutenção da qualidade da água, ao estabilizarem os cursos d'água e agirem como biofiltros. O uso da água depurada pela vegetação tem custo cerca de 100 vezes menor que o do tratamento da água obtida em áreas desmatadas. Nesses casos, é preciso empregar coagulantes, corretores de pH, oxidantes, algicidas, desinfetantes e outras substâncias para tornar a água potável.

Outro exemplo é a contribuição dada pela comunidade de polinizadores que vivem nos ecossistemas naturais do cerrado. Esse serviço gera um aumento de até 14% na produtividade de alguns cultivos, como o do café.

>>>

Bioma heterogêneo Como o cerrado é composto por um mosaico natural de diferentes formações vegetais, cada ambiente tem peculiaridades físicas (disponibilidade de água, características do solo, temperatura, umidade, entre outras) e ecológicas. Essa variedade de condições faz com que, em uma mesma área, seja possível encontrar conjuntos de animais e plantas (denominados tecnicamente de comunidades ou assembleias) com poucas espécies em comum.

Contudo, em uma escala mais ampla, a ocorrência de espécies no cerrado segue grandes padrões de concordância espacial, denominados unidades biogeográficas. Nos últimos 20 anos, esse tema tem sido explorado por diversos pesquisadores, que apontaram a existência de quatro a sete unidades. Esse número vem sendo atualizado ao longo do tempo, à medida que novas informações sobre a distribuição das espécies são publicadas. Cada uma dessas unidades biogeográficas tem uma singularidade biótica, ou seja, um conjunto de espécies típicas que a caracteriza.

O fato de o cerrado ser localmente composto por um mosaico de ecossistemas e regionalmente formado por distintas unidades biogeográficas sugere que as estratégias de conservação das espécies e dos ecossistemas desse bioma devem ser distintas. As ações de manejo e proteção em escala local devem ser voltadas para a manutenção das diferentes comunidades biológicas, mesmo que vizinhas. Isso significa que o mosaico natural do

cerrado deve ser mantido localmente. Em escala regional, entretanto, devem ser adotadas ações que assegurem a representação biológica de cada unidade biogeográfica, devendo ser dada prioridade às regiões com alta concentração de espécies endêmicas, como a serra do Espinhaço, a planície do Araguaia ou as formações montanhosas do norte goiano.

Mosaicos de conservação No cerrado, assim como em outras partes do mundo, uma das estratégias mais eficientes para proteger amostras de espécies e ecossistemas é a criação de unidades de conservação (UCs). Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente, da área original do cerrado (cerca de 2 milhões de km²), apenas 8% estão formalmente protegidos. Desse total, 5% correspondem às unidades de uso sustentável (onde são permitidas atividades econômicas de baixo impacto e em pequena escala) e 3% àquelas de proteção integral (onde só são admitidas atividades de uso indireto dos recursos, como pesquisa, educação ambiental, contemplação e lazer).

Além de cobrirem uma pequena extensão do cerrado, as unidades de conservação ainda enfrentam o problema da falta de recursos para pessoal, infraestrutura, manutenção e monitoramento. Infelizmente, no cerrado, assim como no resto do Brasil, muitas unidades de conservação ou não têm um plano de manejo (documento que define as ações necessárias ou permitidas em uma UC), ou o

FOTO RICARDO B. MACHADO/CPA

Arenitos e chapadas da região do Jalapão, no Tocantins. O cerrado é um mosaico natural de diferentes formações vegetais





Cigarra-do-campo, espécie endêmica do cerrado

mesmo não está implementado. Uma avaliação realizada em 2010 constatou que, de forma geral, a efetividade da gestão das UCs do cerrado é mediana, atingindo menos da metade de seu potencial máximo, o que confere ao bioma a segunda pior pontuação nesse quesito no Brasil.

Mas a preocupação não para por aí. A demanda local e global por acesso e uso dos recursos naturais já exerce pressão para a diminuição ou recategorização das áreas protegidas, e exercerá ainda mais no futuro. Somente entre 1981 e 2012, quase 300 mil hectares (ha) de áreas protegidas do cerrado perderam seu *status* de unidade de conservação. O Parque Nacional da Serra da Canastra, em Minas Gerais, é um triste exemplo dessa situação, pois a unidade poderá perder 50 mil ha para ceder espaço às mineradoras estrangeiras de diamante (ver 'Serra da Canastra: de mar a montanha', em CH 328).

Uma estratégia para melhorar a gestão e diminuir a pressão sobre as unidades de conservação é criar mosaicos de áreas protegidas. Trata-se de um mecanismo de gestão territorial em que várias unidades de conservação são geridas de forma integrada. Até o momento, existem apenas dois mosaicos no cerrado – o Mosaico Sertão Veredas-Peruaçu e o Mosaico do Espinhaço: Alto Jequitinhonha-Serra do Cabral. O primeiro tem 1,8 milhão de ha e compreende 14 UCs e duas terras indígenas. Ele está localizado na margem esquerda do rio São Francisco, entre Minas Gerais e Bahia. Já o Mosaico do Espinhaço, composto por 12 unidades, tem uma área de 910 mil ha, localizada na região do planalto Diamantina e na serra do Cabral, em Minas Gerais.

A rica biodiversidade do cerrado pode desempenhar um importante papel no cenário natural, social e econômico do país. Mas é preciso proteger esse bioma, o que

depende fundamentalmente de sua inclusão na Constituição brasileira como patrimônio natural da nação, para garantir sua utilização "na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais". É requisito fundamental para esse objetivo a adoção de modelos econômicos e políticos diferentes dos atuais e que agreguem, em suas estratégias de uso do cerrado, o conhecimento científico, a realização de ações de educação junto à população, a melhoria da proteção formal de espécies e ecossistemas e a valoração dos recursos naturais e serviços ambientais do bioma. Só assim o cerrado, esse patrimônio brasileiro esquecido, continuará a existir. **CH**

Sugestões para leitura

AGUIAR, L.M.S.; MACHADO, R.B.; e MARINHO-FILHO, J. 'A diversidade biológica do Cerrado', em *Ecologia e caracterização do Cerrado*. AGUIAR, L.M.S. e CAMARGO, A. (Eds). Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, p. 19-42, 2004. (Disponível em <http://conservacao.bio.br>).

MACHADO, R.B., et al. 'Caracterização da fauna e flora do Cerrado', em *Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. Embrapa Cerrados, Brasília, DF, p. 285-300, 2008. (Disponível em <http://conservacao.bio.br>).

CARTELLE, C. *Tempo passado: mamíferos do Pleistoceno em Minas Gerais*. Belo Horizonte: Editora Palco, 132 p, 1994.

VENERE, P.C. e GARUTTI, V. *Peixes do Cerrado: Parque Estadual da Serra Azul, Rio Araguaia, MT*. São Carlos: Rima, 220 p, 2011.

ÍONS NEGATIVOS LIVRES

Das chamas de uma vela às luas de Saturno

Talvez, para a maioria das pessoas, o nome íon seja imediatamente relacionado a pilhas e baterias que alimentam os inúmeros artefatos eletrônicos que fazem parte de nosso cotidiano.

Nas aulas de química do ensino médio, aprendemos sobre íons positivos e negativos, ou seja, átomos que, respectivamente, perderam ou ganharam elétrons. Por vezes, os íons estão em uma solução química; por vezes, no interior de sólidos.

Mas a novidade – e tema das próximas páginas – é que esses fragmentos de matéria dotados de carga elétrica podem ser livres. Mas, para produzi-los nesse estado e de forma ordenada, é preciso um equipamento especial: um acelerador de íons.

O estudo dos íons livres nos ajuda a entender desde um fenômeno corriqueiro terrestre à física e química do meio interestelar.

Ginette Jalbert

Yuri Muniz

Nelson V. de Castro Faria

*Laboratório de Colisões Atômicas e Moleculares,
Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro*

Íons livres são parte de nosso cotidiano. Afinal, quem nunca observou a chama de uma vela, de um palito de fósforo ou da boca de um fogão? Esses átomos dotados de carga elétrica estão lá. E também estão presentes em faíscas e relâmpagos e até no espaço interestelar.

Se um átomo perde um ou mais elétrons, ele se torna positivo e, nesse caso, é chamado cátion. Se ganhar um ou mais elétrons, fica com carga negativa, e passa a ser denominado ânion.

Quando o assunto são íons livres, os fenômenos naturais têm uma tendência a gerar cátions – ou seja, é mais comum um átomo perder do que ganhar elétrons. No entanto, mesmo em menor quantidade, podemos encontrar ânions igualmente livres. É destes últimos que vamos tratar.

Porém, antes, vale aqui uma questão mais ampla: por que estudar íons negativos livres? As razões são muitas. Uma delas: entender o ambiente astrofísico em que a Terra se encontra, inclusive a química que se passa no meio interestelar. Por exemplo, íons negativos foram descobertos recentemente em luas do planeta Saturno. E também foram detectados na cauda de cometas, produzidos pela radiação solar agindo sobre o gelo existente nesses viajantes cósmicos.

Tanto na Terra quanto no espaço, íons livres estão presentes no plasma – dito quarto estado da matéria, no qual núcleos e elétrons estão dissociados.

Outra razão: com a descoberta de camadas de íons em regiões acima da atmosfera – a chamada ionosfera vai de aproximadamente 50 km até cerca de 1 mil km de altitude –, tornou-se evidente a importância dos íons negativos e seu relacionamento com átomos e moléculas.

A ionosfera tem um papel duplo nas telecomunicações: ao mesmo tempo que reflete as ondas de rádio de longo alcance (chamadas ondas curtas), essa camada e seus fenômenos podem prejudicar as comunicações via satélite.

Ou seja, entender o comportamento dos íons livres e os fenômenos em que essas entidades estão envolvidas tem desdobramentos importantes para a compreensão não só do cosmo, mas também de fenômenos terrestres e de tecnologias empregadas no cotidiano.

Características e comportamento Embora a descrição dos íons negativos seja bastante complexa, eles têm um aspecto que pode simplificar seu estudo: o elétron extra pode ser facilmente arrancado quando o íon colide com elétrons, átomos, moléculas e até radiação (por exemplo, raios X). O resultado desses choques – e a consequente perda do elétron – é a formação de átomos neutros ou moléculas neutras.

Outra característica que facilita o estudo da interação de íons com átomos e moléculas é o fato de eles terem carga, o que possibilita serem acelerados, desviados e focalizados com a ajuda de campos elétricos e magnéti-

cos. Desse modo, são formados os chamados feixes de íons, semelhantes aos bem conhecidos feixes de luz.

Nesses feixes, a velocidade de cada íon é bem semelhante à de seus vizinhos – e a trajetória tem a mesma direção e sentido. Como em uma fila indiana, os íons num feixe estão bem organizados, diferentemente do que ocorre com átomos e moléculas de um gás, no qual tanto os valores das velocidades quanto as direções e os sentidos das trajetórias são muito distintos. Portanto, o bom comportamento dos íons num feixe torna o estudo da interação deles com outros átomos e moléculas mais fácil.

Nesse sentido, um exemplo recentemente estudado pelos pesquisadores do Laboratório de Colisões Atômicas e Moleculares (LaCAM), do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, é o de feixes formados por um ou vários (n) átomos de carbono e um elétron extra, que representamos pelo símbolo C_n^- . É também possível juntar a esses íons negativos livres um átomo de hidrogênio (H) ou de nitrogênio (N) – nesses casos, a representação será C_nH^- e C_nN^- , respectivamente.

De fato, muitos ânions detectados recentemente no espaço têm carbono em sua estrutura, e entre as primeiras espécies detectadas estão C_nH^- ($n = 4, 6$ e 8) e C_nN^- ($n = 3, 5$ e 7). Os mecanismos de formação dos primeiros são atribuídos à captura de elétrons pela espécie neutra, enquanto os últimos são produzidos possivelmente em reações envolvendo aglomerados de carbono e átomos de nitrogênio.

>>>

A produção dessas espécies em laboratório ajuda na compreensão desses mecanismos de formação e, portanto, na solução do problema geral da formação deles no espaço.

Fonte e acelerador Íons negativos livres foram propostos como fontes de átomos de alta energia para produzir fusão nuclear, processo no qual dois núcleos atômicos leves juntam-se, culminando na formação de um núcleo maior e na liberação de energia. É por meio dessa reação nuclear que as estrelas geram energia.

Essa técnica de realizar fusão nuclear é conhecida como fusão por confinamento inercial (ICF, na sigla inglesa). Íons negativos são bons candidatos para esse processo, por terem as propriedades já citadas aqui: têm carga elétrica, podendo, portanto, ser acelerados, ganhando, assim, energia suficiente para realizar a fusão, ao aquecerem pastilhas de hidrogênio.

Além disso, o elétron extra pode ser facilmente arrancado por colisão com átomos, moléculas ou elétrons livres. Isso ocorre pouco antes da colisão com as pastilhas de hidrogênio, em uma região onde existem campos magnéticos fortes, que não defletem o átomo neutro, que pode, portanto, seguir, sem desvios, rumo às pastilhas. Assim, o conhecimento da probabilidade de os íons negativos livres perderem o elétron extra – na física, essa

probabilidade é chamada seção de choque – é, por consequência, importante para a realização da ICF.

Para formar um feixe de íons negativos é necessário primeiramente produzi-los no laboratório. Para isso, foram projetadas e construídas as fontes de íons. Se o objetivo é obter, por exemplo, um feixe de hidrogênio negativo, pode-se usar uma substância sólida que contenha hidrogênio (hidreto de titânio, por exemplo). Caso se queira produzir um feixe de carbono, grafite é o ideal.

Para arrancar o íon negativo desses materiais, eles são bombardeados com íons de um elemento químico (em estado gasoso) que seja bom doador de elétrons – por exemplo, usa-se, para isso, o elemento químico cézio.

Obtido o íon negativo desejado, um acelerador – posicionado logo após a fonte geradora de íons – imprime velocidades bem altas a eles, que já estão na forma de feixes (figura).

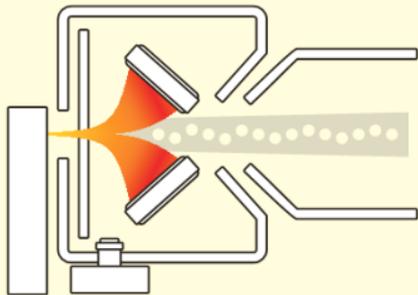
Método original No início de 2000, pesquisadores que trabalham com o acelerador de íons do LaCAM desenvolveram um método original e simples, mas eficaz, para medir as chances de um íon negativo perder elétrons em colisão com átomos e moléculas, tornando-se assim neutro ou até positivo.

Um estudo sistemático para diversos tipos de íons negativos levou esses pesquisadores a propor uma des-

Figura. Como funciona um acelerador de íons

Fonte de íons

Átomos de cézio (em estado gasoso) perdem elétrons ao entrarem em contato com a superfície quente do 'ionizador'. Assim, ao se tornarem positivos, são atraídos pelo catodo (negativo), chocando-se contra este – que é feito do elemento com que se quer criar os íons negativos. Essas colisões altamente energéticas arrancam átomos do catodo. Esses átomos, por sua vez, passam por uma finíssima camada de cézio que também se depositou sobre o catodo. Como o cézio é bom doador de elétrons, ele fornece os elétrons para formar os íons negativos. No mesmo dispositivo, esses íons ganham a forma de um feixe

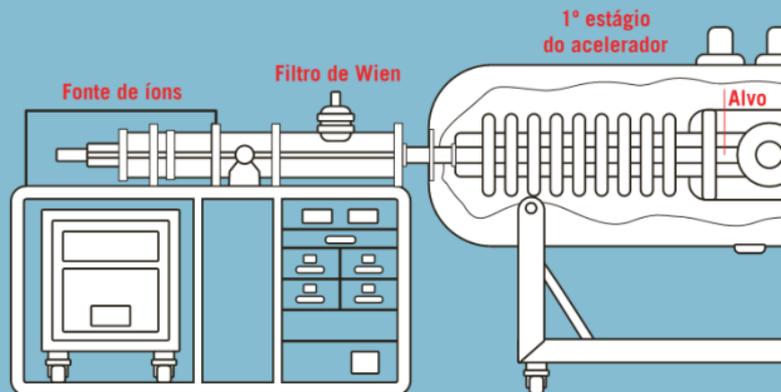


Filtro de Wien

Formado por campos magnéticos e elétricos intensos, ortogonais entre si, garante que passarão para o acelerador apenas os íons do feixe que estiverem dentro da faixa de energia (velocidade) desejada

Primeiro estágio do acelerador

Os íons negativos são acelerados com a ajuda de campos elétricos intensos, ganhando velocidades ainda mais altas



Alvo

No fim do primeiro estágio, está a câmara em que estão os átomos do gás contra os quais os íons negativos acelerados irão colidir

crição simples que engloba todos os resultados obtidos. O método poderá ajudar a entender melhor a fusão nuclear, cuja tecnologia vem sendo desenvolvida recentemente, com grande aporte de recursos financeiros e humanos, em projetos internacionais de grande envergadura, na tentativa de saber se, no futuro, será possível gerar energia de forma comercial a partir desse processo.

De forma resumida – e para nossos propósitos aqui –, observou-se que a seção de choque tem comportamento semelhante para diferentes tipos de íons.

Por exemplo, um feixe de íons negativos de carbono (C⁻) foi lançado contra três alvos distintos, em estado gasoso: átomos de hélio (He), neônio (Ne) e argônio (Ar). O mesmo foi feito com um feixe de íons negativos de dois outros elementos químicos, silício (Si) ou germânio (Ge⁻).

Ao final, foi notado que, para cada um desses três cenários (He, Ne e Ar), as chances de os íons (C⁻, Si⁻ e Ge⁻) perderem elétrons eram muito semelhantes quando medidos em função da velocidade do íon.

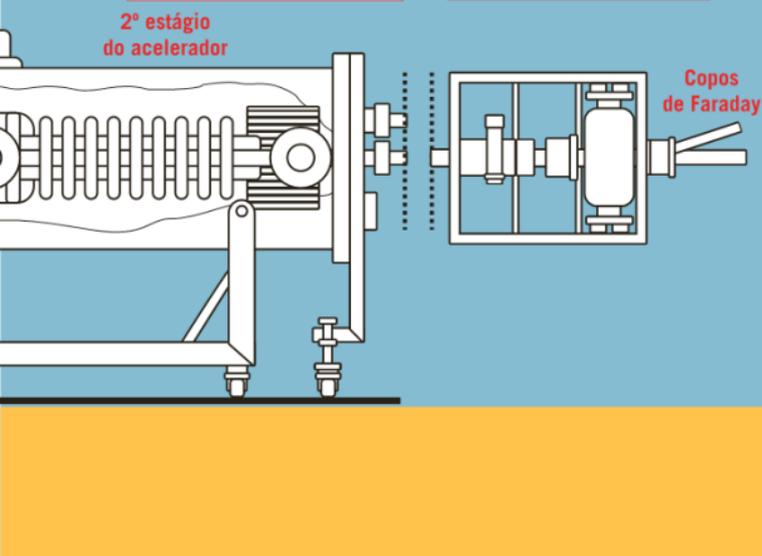
Os resultados mostravam que havia obviamente algo em comum entre os três cenários estudados. Posteriormente, o estudo foi estendido para muitos outros íons negativos e alvos. E o mesmo tipo de comportamento foi observado.

Segundo estágio do acelerador

Nessa fase, depois da colisão com o gás, podem ocorrer três cenários: i) os íons negativos permanecem assim e são desacelerados neste estágio; ii) perdem o elétron e tornam-se átomos, passando por este segundo estágio com velocidade constante; iii) perdem dois ou mais elétrons, tornando-se íons positivos, ganhando aceleração neste segundo estágio

Copos de Faraday

Metálico e na forma de um copo (daí o nome), esse equipamento funciona como um detector que coleta os íons e pode 'contá-los', por meio da medida da corrente elétrica do feixe que ali chega. Variando-se a densidade de átomos ou de moléculas no interior do alvo (4) e contando-se o número de íons que atravessam o alvo para diversas densidades, mede-se diretamente a probabilidade de o ânion perder elétrons



Como explicar? Para explicar os resultados obtidos – ou seja, a semelhança entre os cenários estudados –, a equipe de pesquisadores do LaCAM lançou a seguinte hipótese simplificadora: como o íon negativo tem um elétron extra fracamente ligado ao restante do átomo ou da molécula, esse elétron poderia ser considerado uma partícula quase livre. Sendo assim, o feixe de íons negativos poderia, agora, ser visto como formado por um ‘caroço’ (átomo neutro) e um elétron praticamente independente deste último.

O passo seguinte foi, então, comparar os resultados obtidos com colisões de elétrons livres contra os mesmos alvos. Nesse caso, mede-se a probabilidade (seção de choque) de o elétron se desviar dos átomos do alvo – mas pode-se provar que esse desvio é equivalente ao desprendimento do elétron do íon.

Mesmo levando em consideração as diferenças entre os dois experimentos – afinal, um elétron livre tem uma velocidade bem definida, enquanto aquele ligado ao átomo tem uma ‘média’ (distribuição) de velocidades –, observou-se, mais uma vez, que as probabilidades nesses dois cenários de colisões (elétrons livres e íons negativos) eram semelhantes.

Simplificando o complexo Assim, o modelo desenvolvido permite extrapolações para situações difíceis de serem observadas diretamente ou reproduzidas no laboratório. Nesse sentido, os casos já citados neste artigo (aglomerados livres de C_n⁻, C_nH⁻ ou C_nN⁻), além das aplicações em fusão nuclear, são exemplos dessas novas possibilidades abertas.

Finalmente, além de sua utilidade na compreensão do comportamento dos íons negativos livres na natureza e dos fenômenos nos quais essas entidades estão envolvidas, o trabalho realizado por nossa equipe ilustra como um estudo sistemático pode levar a modelos simples de um sistema complexo, como é o dos íons negativos livres. **CR**

Sugestões para leitura

- JALBERT, G.; WOLFF, W.; MAGALHÃES, S. D.; DE CASTRO FARIA, N. V. 'Electron detachment of negative ions: The influence of the outermost electron and its neutral core atom in collisions with He, Ne and Ar'. *Physical Review A* 77, 012722, 2008.
- NASCIMENTO R. F.; MELLO, S. L. A.; MAGNANI, B. F.; SANT'ANNA, M. M.; JALBERT, G.; DE CASTRO FARIA, N. V. 'Total detachment cross sections of C⁻, CH⁻, C₂⁻ and C₂H⁻ incident on N₂ at keV energies'. *Physical Review A* 87, 062704, 2013.

Da cor do anil

TINTURA VEGETAL PODE SER ÚTIL NO TRATAMENTO DE DOENÇAS INFLAMATÓRIAS DO INTESTINO

Conhecido há milhares de anos e encontrado em diversas espécies vegetais, o corante anil, também chamado índigo, apresentou ação anti-inflamatória em estudo com animais na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Os experimentos foram conduzidos pela bióloga Ana Cristina Alves de Almeida em ratos e camundongos com inflamação no intestino grosso (cólon) – colite aguda e crônica – e reação inflamatória associada ao câncer de cólon. O anil foi administrado por via oral.

Segundo Alves de Almeida, o tratamento com o corante reduziu lesões severas no intestino provocadas pela administração da substância TNBS, que causa danos comparáveis aos da doença de Crohn, a qual afeta todo o trato gastrointestinal. “Também observa-

mos que o índigo ajudou a proteger o organismo contra o estresse oxidativo (excesso de radicais livres de oxigênio)”, diz a pesquisadora da Unicamp.

Nos experimentos em que a inflamação era menos severa, o anil minimizou alguns sintomas da doença: os animais perderam menos peso e houve menor mortalidade.

Além de a indigófera – planta de onde se extrai o corante – ser abundante na natureza, a molécula de anil pode ser facilmente sintetizada, e a um custo baixo. Embora seja cedo para se pensar no uso do corante em humanos, Alves de Almeida está confiante. “Não encontramos sinais de toxicidade nos animais tratados com o anil.”



Pequenino réptil do passado

DESCOBERTA NOVA ESPÉCIE DE LAGARTO FÓSSIL NO BRASIL

Um diminuto exemplar de lagarto fóssil, com menos de 2 cm de comprimento e encontrado, ano passado, no município paranaense de Cruzeiro do Oeste, por pesquisadores da Universidade do Contestado (SC), lança nova luz sobre a evolução desses répteis no antigo continente de Gondwana. O pequeno animal, que teria vivido no período Cretáceo, é o primeiro lagarto acrodonte (com dentes que tendem a se fundir nas partes mais altas da arcada) achado não apenas no Brasil, mas em toda a América do Sul. A descoberta da espécie, batizada *Gueragama sulamericana*, foi publicada na *Nature Communications* de 26 de agosto.

“Mesmo não contribuindo para melhor elucidar a origem dos acrodontes, *Gueragama* embaralha um pouco a história evolutiva e de diversificação do grupo, uma vez que a nova espécie é mais próxima das formas que estão presentes em outros continentes do que daquelas que atualmente vivem no Brasil ou em outros pontos da América do Sul”, comenta o paleontólogo Alexander Kellner, do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que colaborou com a descrição anatômica do animal.

Segundo Kellner, na região de Cruzeiro do Oeste, onde já foram encontradas centenas de restos de pterossauros, há um enorme potencial para a descoberta de organismos surpreendentes.



Mandíbula do *Gueragama sulamericana* encontrada no Paraná

TIAGO SIMÕES E ADRIANO KUIRY



FOTO ANTONIUNHO PEREIRA / ASCOM / UNICAMP

Mais na
CH On-line:



Concepção artística
do lagarto e do
ambiente em que
teria vivido há cerca
de 80 milhões
de anos

JULIUS CSOTONYI



Puro algodão

PLANTA GENETICAMENTE MODIFICADA
É MAIS TOLERANTE À SECA

A região do cerrado, principal produtora de algodão do país, tem agora um aliado poderoso para enfrentar os longos e intensos períodos secos, característicos do bioma, que afetam essa cultura. Pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveram uma planta geneticamente modificada tolerante à seca, com a introdução, no genoma do algodão, do gene DREB 2A (do inglês, Dehydration Responsive Element Binding). A principal vantagem do DREB é sua capacidade de ativar outros genes responsáveis pela proteção das estruturas celulares na ausência de água.

Testadas em laboratório e em casas de vegetação sob condições de estresse hídrico, as plantas modificadas do algodão GM apresentaram melhor desenvolvimento da parte aérea e da raiz, assim como um aumento de 25% na manutenção das estruturas reprodutivas (botões florais, flores e frutos) quando comparadas com a mesma variedade das plantas tradicionais.

A pesquisa envolveu duas unidades da Embrapa – Algodão (PB) e Recursos Genéticos e Biotecnologia (DF) – e o Centro Internacional de Pesquisas para Ciências Agrícolas do Japão (Jircas).

Segundo as biólogas Fátima Grossi e Maria Eugênia de Sá, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, as raízes das plantas transgênicas alcançaram o dobro da profundidade das convencionais, permitindo maior absorção de água.

A nova variedade de algodão GM aguarda agora a autorização da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) para ser avaliada, sob outros parâmetros, no campo.



Variedade de algodão submetida ao estresse hídrico em casa de vegetação. À esquerda, planta modificada com o gene DREB 2A; à direita, a mesma variedade na versão convencional

FOTO CEDIADA POR FÁTIMA GROSSI

Sem as mãos

INTERRUPTOR DESENVOLVIDO NO BRASIL PERMITE ACENDER A LUZ SEM O TOQUE DOS DEDOS, PREVENINDO A PROLIFERAÇÃO DE MICRÓBIOS

Vem de uma microempresa brasileira a inovação que ajuda a combater a disseminação de doenças em locais públicos e residenciais: um interruptor de luz que dispensa o toque dos dedos para ser acionado. Batizado 'Wave', o dispositivo – desenvolvido pelo engenheiro elétrico Eduardo José Vaz e pelo desenhista industrial Francisco Ribeiro, sócios da Vytron – usa um sensor de movimento para acender ou apagar a luz.

O sistema é indicado para locais com grande fluxo de pessoas, como banheiros públicos, centros cirúrgicos, salas, quartos e banheiros de hospitais, elevadores de prédios comerciais, consultórios, hotéis, escritórios, estádios de futebol e *shoppings*. Também pode ser usado para ligar ou desligar equipamentos eletrônicos sem toque.

Com tampa lisa e transparente, o Wave não usa parafusos e pode ser personalizado com impressão digital UV e usado como

veículo de publicidade e campanhas educativas. O dispositivo contém uma lâmpada LED e setas que mostram se está acesso ou apagado: setas azuis indicam que está desligado; as vermelhas sinalizam que está ligado. "Para acender a luz, basta movimentar a mão, sem encostar nele, de cima para baixo", explica Ribeiro.

Os sócios destacam a importância do novo sistema em centros urbanos que recebem milhares de turistas de origem diversa. "Ano que vem, o Rio de Janeiro sediará os Jogos Olímpicos, que contarão com a presença de autoridades, atletas e visitantes do mundo todo. Nesse sentido, o uso do nosso sistema poderá ajudar bastante a reduzir o risco de contaminação em locais públicos", aposta Ribeiro.

Segundo os idealizadores do dispositivo, ele deve chegar ao mercado até o fim do ano.

'Tapete' verde

LEVANTAMENTO QUE ENVOLVEU DIVERSOS PAÍSES, ENTRE ELES O BRASIL, ESTIMA EM 3,04 TRILHÕES AS ÁVORES DO PLANETA

O total de árvores existentes no planeta é bem maior do que os cientistas estimavam. Segundo pesquisa publicada em setembro na revista *Nature*, aproximadamente 3,04 trilhões de árvores povoam a superfície terrestre. Os resultados são fruto de um levantamento que durou três anos e envolveu mais de 50 pesquisadores de diversos países, incluindo dois brasileiros. Liderados pelo ecólogo britânico Thomas Crowther, da Universidade Yale (EUA), os cientistas utilizaram dados de quase 430 mil medições de campo sobre a densidade das árvores, realizadas nos últimos 12 anos, para criar o primeiro mapa espacialmente contínuo de densidade das florestas em uma escala global.

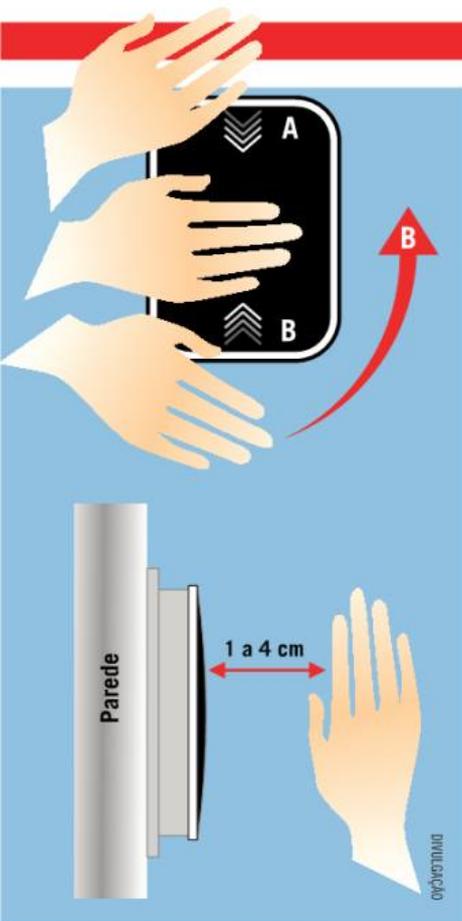
Antes da pesquisa, estimava-se que haveria 400,25 bilhões de árvores na Terra, uma média de 61 espécimes por pessoa. Com o

novo 'censo' florestal, a estimativa sobe para 422 árvores para cada ser humano vivo no planeta – no Brasil, a proporção seria de 1.494 árvores por habitante, segundo os autores do levantamento. Os dados deverão contribuir para estudos mais precisos dos estoques de carbono nas florestas e das alterações causadas por mudanças climáticas, entre outros.

Além de fornecer um diagnóstico mais preciso sobre a situação atual das florestas, a pesquisa alerta sobre os danos causados pela humanidade aos ecossistemas em todos os biomas do planeta. Com base nas projeções sobre a densidade das árvores, os pesquisadores estimam que o número total de espécimes diminuiu em cerca de 46% após o início da civilização. Ainda de acordo com o levantamento, mais de 15 bilhões de árvores são cortadas a cada ano.



FOTO: DEJAN H. / PICTURE CC BY 2.0



Mais na
CH On-line:



O Brasil é o país com maior incidência de raios no mundo, com 50 milhões de descargas atmosféricas por ano



FOTO: ELAT - INPE/FEVERZUJUNIOR

Olha a tempestade aí...

SERVIÇO INÉDITO NO PAÍS PERMITE PREVER OCORRÊNCIA DE RAIOS ATÉ 24 HORAS ANTES

Calor, céu nublado, pancadas de chuva à noite... Imagine poder adicionar à previsão meteorológica de seu domingo uma provável ocorrência de raios. Seria fundamental para fugir de lugares abertos, como praias e campos, e se abrigar em construções fechadas e preparadas para eventuais descargas atmosféricas – afinal, somos campeões no mundo nesse quesito, com 50 milhões de raios por ano. Graças ao serviço lançado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) no mês passado, esse prognóstico está assegurado – assim como seu lazer.

O novo serviço, desenvolvido pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (Elat) do Inpe, prevê a incidência de raios com antecedência de 24 horas e estará disponível já no próximo verão – época de maior número de descargas elétricas – para veículos de comunicação de todo o país.

Para elaborar o método, os pesquisadores utilizaram como base o modelo meteorológico Weather, Research and Forecasting (WRF), ferramentas estatísticas e dados de descargas atmosféricas – dentro das nuvens e para o solo – registrados pela Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDAT), operada pelo Elat.

Toninha: mais uma vítima da trágica legislação pesqueira no Brasil

PAULO HENRIQUE OTT

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul

SALVATORE SICILIANO

Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz
Grupo de Estudos de Mamíferos Marinhos da Região dos Lagos

DANIEL DANILEWICZ

Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul
Instituto Aqualie

O clássico ensaio ‘Tragédia dos comuns’, do ecólogo norte-americano Garrett Hardin (1915-2003), publicado na revista *Science* em 1968, reflete sobre a necessidade de um controle externo para evitar a sobre-exploração de recursos de acesso comum, como os recursos marinhos. Para ilustrar essa questão, Hardin descreve o exemplo do uso compartilhado de uma área limitada de pastagem, contendo rebanhos de diferentes proprietários. Em um dado instante, os proprietários perceberam que, apesar do uso intensivo, havia ainda espaço para mais animais. Assim, foi desencadeada uma corrida contra o tempo, em que, a cada momento, novos animais eram introduzidos até que o recurso foi completamente esgotado e o rebanho, perdido. A lógica desse cenário é que o benefício extra da introdução de cada animal seria individual, enquanto o custo da sobre-exploração seria dividido por todos.

Apesar do trágico desfecho, essa mesma lógica é aplicada pelo setor pesqueiro no Brasil. Diversas espécies têm demonstrado o esgotamento de suas populações e um iminente risco de extinção, devido ao expressivo aumento do esforço pesqueiro nas últimas décadas. Nesse cenário, fica evidente que o controle externo mencionado por Hardin deveria ser de responsabilidade do Estado, de forma a assegurar o uso sustentável dos recursos e, conseqüentemente, a manutenção da biodiversidade.

Embora importantes conquistas tenham sido alcançadas nas décadas de 1980 e 1990, como a criação de áreas protegidas, existe a clara necessidade de uma política governamental mais contundente para a conservação e o manejo dos recursos marinhos do país.

DECISÕES CONTROVERSAS Essa questão é bem exemplificada pelas controversas decisões do Ministério do Meio Am-



Toninha capturada acidentalmente durante atividade pesqueira no sul do Brasil

FOTO: PAULO OTT - IBERSCIENCE

biente (MMA) em relação às listas de espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção. Em 2003, o Brasil elaborou uma lista da fauna ameaçada de extinção – Instrução Normativa (IN) MMA nº 003/2003 – seguindo os critérios da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN). No entanto, apesar de os pesquisadores terem usado os mesmos critérios para análise de todos os grupos taxonômicos, o MMA decidiu não incluir, em um primeiro momento, as espécies de peixes e invertebrados aquáticos que estavam sob risco de extinção.

Apenas em 2004, foi publicada uma instrução normativa (IN MMA nº 05/2004) referente às espécies de peixes e invertebrados aquáticos ameaçadas de extinção (Anexo I) e àquelas sobre-exploradas ou ameaçadas de sobre-exploração (Anexo II). Enquanto as espécies do Anexo I estavam legalmente protegidas, as do Anexo II podiam ser ainda capturadas e comercializadas. Não obstante, em 2005, o MMA revisou os Anexos I e II (IN MMA nº 52/2005), diminuindo a proteção de algumas espécies de tubarões consideradas ameaçadas pela IUCN, sem que novas informações científicas justificassem essa alteração.

A intenção do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) de modificar as regras da atual lista brasileira de espécies de peixes e invertebrados aquáticos ameaçados, publicada pelo MMA em 2014 (Portaria MMA nº 445/2014), é outro exemplo da fragilidade da política de conservação marinha do país. Como parte disso, foi primeiramente ampliado o prazo de exploração e comercialização de espécies vulneráveis da lista brasileira (Portaria MMA nº 98/2015). Mais recentemente, por pressão do setor pesqueiro, a Justiça Federal suspendeu a Portaria MMA nº 445/2014, deixando 475 espécies aquáticas ameaçadas sem qualquer tipo de proteção. Essa mesma fragilidade é observada em outras esferas administrativas. O governo do Rio

Enquanto as leis ambientais brasileiras forem reféns da força política de grandes corporações, como é o caso do setor pesqueiro, a perda de diversidade marinha no Brasil será inevitável

Grande do Sul, por exemplo, excluiu os peixes marinhos da lista da fauna ameaçada do estado (Decreto RS 52.310/2015).

Desvinculado da realidade em que se encontram as espécies marinhas e na contramão de sua conservação, o governo federal está investindo mais de R\$ 4 bilhões, por meio do Plano Safra da Aquicultura e Pesca, do MPA, para expandir a aquicultura e fortalecer a indústria pesqueira extrativista. O objetivo é aumentar a produção e transformar o país em um grande exportador de pescado. Contudo, a consequência desses subsídios é o aumento do esforço pesqueiro e da sobre-exploração dos recursos marinhos, incluindo espécies ameaçadas.

IRRESPONSABILIDADE AMBIENTAL E SOCIAL Do ponto de vista de manejo, desconsiderar os evidentes sinais de sobre-exploração das espécies ameaçadas é uma irresponsabilidade ambiental e social, pois coloca em risco o futuro dos recursos e da própria atividade econômica. Os reflexos dessas medidas são ainda mais preocupantes, pois envolvem outras espécies sob risco de extinção, como a toninha (*Pontoporia blainvillei*), o mais ameaçado golfinho brasileiro.

Ao longo de sua área de distribuição, a toninha tem como principal problema de conservação a captura acidental em redes de pesca comercial. Os números são alarmantes. Nas últimas décadas, cerca de 1 mil toninhas foram capturadas por ano pela frota pesqueira que opera, quase sem nenhum controle, ao largo do Rio Grande do Sul. Como consequência, conforme estimativas recentes, a população de toninhas despencou de 16,5 mil para 9,5 mil indivíduos em uma década.

As razões para esse declínio abrupto são várias. Apesar de a toninha não ser o alvo das pescarias, sua frequente captura – somada ao seu baixo potencial reprodutivo, ao excessivo esforço pesqueiro e à degradação costeira – resulta no preocupante quadro atual.

A grave situação da toninha e sua inclusão na lista da fauna brasileira ameaçada de extinção resultaram na elaboração de um plano de ação para conservação da espécie, publicado pelo MMA em 2010. Contudo, a existência do plano e a inclusão da toninha em listas oficiais não têm refletido na melhoria de seu estado de conservação. Pelo contrário. Caso medidas urgentes de manejo pesqueiro não sejam tomadas, a toninha poderá ser o primeiro golfinho extinto em águas brasileiras.

A sobrevivência da toninha, assim como de outras espécies, depende de uma clara e consistente política nacional de conservação dos recursos marinhos. Essa política deve incluir, necessariamente, o estabelecimento e a fiscalização de regras rígidas de ordenamento pesqueiro, acompanhados de pesquisas científicas que permitam o monitoramento em longo prazo dessas populações.

A exploração dos recursos pesqueiros no Brasil apresenta um cenário ainda mais complexo do que aquele descrito por Hardin. Mais do que o colapso dos recursos naturais, em decorrência da falta de regulamentação do acesso aos recursos comuns, o que existe é a apropriação e o domínio de alguns poucos sobre os recursos de todos. Portanto, enquanto as leis ambientais brasileiras forem reféns da força política de grandes corporações, como é o caso do setor pesqueiro, a perda de diversidade marinha no Brasil será inevitável. **GH**

Belo Monte: tensão iminente

ASSIS DA COSTA OLIVEIRA

Faculdade de Etnodiversidade,
Universidade Federal do Pará

A 'contagem regressiva' para a entrada em operação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, instalada na bacia do rio Xingu, perto de Altamira (PA), começou no dia 11 de fevereiro, data da formalização, pela construtora do empreendimento, a Norte Energia, do pedido de emissão da Licença de Operação (LO) ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Esse é o último dos três documentos que fazem parte do licenciamento ambiental da maior obra de engenharia civil em execução no Brasil. Desde então, outra 'contagem' começou a ser feita por movimentos sociais, especialistas e Ministério Público Federal: a intensificação do questionamento sobre o cumprimento das exigências socioambientais de Belo Monte.

A razão prática é simples: sendo a obediência das condicionantes da Licença Prévia e de Instalação pré-requisitos necessários para a emissão da nova licença, a mesma não pode ser

gerada sem que se tenha, de fato, o cumprimento nos prazos estabelecidos e a avaliação das exigências já cumpridas para se saber quais ajustes e modificações precisam ser feitos a fim de atingirem seus objetivos. A razão política é que, de fato, preocupa: se as licenças (ou a avaliação técnica feita pelo Ibama para emití-las ou não) são mecanismos de exigibilidade e controle das ações do empreendedor pelo Estado, passada a última licença, haverá muito pouca força administrativa para garantir o cumprimento das obrigações, pois só na revisão da LO – somente possível após quatro anos da data de sua liberação – é que se poderá voltar a propor tal questão ao Ibama.

Por isso, a 'contagem regressiva' tornou-se, rapidamente, um momento estratégico para a 'contagem dos questionamentos' sobre o que foi feito, o que não foi e o que foi mal feito, até agora, das exigências, pensando não somente no seu cumprimento (ou não), mas nos impactos que têm gerado sobre o território e a população afetada da região do Xingu, no sudoeste do estado do Pará.

Nesse sentido, o dossiê 'Belo Monte: não há condições para a Licença de Operação', organizado pelo Instituto Socioambiental e lançado em junho último, apresenta elementos interessantes.

Segundo o dossiê, há sérios problemas de cumprimento de várias condicionantes. Isso deve ser pensado considerando-se a precariedade dos estudos de impacto ambiental da obra – o que já advertia o Painel de Especialistas desde 2009 – e o descompasso entre a prioridade político-institucio-



nal dada ao cronograma físico da obra e o constante atraso e renegociação de prazos de cumprimento das medidas antecipatórias, mitigatórias e/ou compensatórias de sua construção, em uma perversa transformação de direitos sociais em interesses político-econômicos de competência privada de execução. Resulta daí a constatação de que “[a] obra foi instalada ao mesmo tempo que se concretizavam, aos poucos, os principais impactos que deveriam ter sido evitados pelas ações antecipatórias: a sobrecarga de equipamentos públicos, a degradação ambiental da região, a piora da qualidade de vida das populações locais e a perda de recursos naturais essenciais à manutenção das formas de vida dos povos indígenas e comunidades tradicionais da região”.

Ao mesmo tempo, o Ministério Público Federal, em inspeção às áreas ribeirinhas afetadas pela obra de Belo Monte, também atesta, em uma das primeiras conclusões contidas no relatório técnico elaborado, a existência de um “descompasso entre a velocidade que a empresa Norte Energia impôs ao processo de remoção compulsória com vistas à obtenção da Licença de Operação de Belo Monte e as medidas que deveriam ser adotadas para que os ribeirinhos detenham condições de suportar esse processo, sem riscos a sua sobrevivência física e cultural”.

Descompasso é outra forma de dizer que existem danos e violações de direitos produzidos em decorrência da utilização, pelo empreendedor, da ‘contagem regressiva’ como justificativa para intensificar o autoritarismo e a arbitrariedade no tratamento à população local, especialmente àquela que se encontra na área conhecida como abaixo da Cota 100, a qual será alagada quando o reservatório for enchido. Por isso, precisaria ser removida no ‘tempo calculado’ para que a obra não atrase, e não para que os sujeitos possam ser preparados para essa brusca mudança em suas vidas.

Tal ‘contagem regressiva’ não significa apenas uma listagem de erros

Descompasso é outra forma de dizer que existem danos e violações de direitos produzidos em decorrência da utilização, pelo empreendedor, da ‘contagem regressiva’ como justificativa para intensificar o autoritarismo e a arbitrariedade no tratamento à população local

e violações atuais ou históricas no contexto da obra de Belo Monte, mas também um motivo para o reaquecimento das mobilizações sociais.

A esse respeito, é interessante destacar três cenários recentes. O primeiro, o Fórum de Defesa de Altamira, surgido em maio de 2015, é uma iniciativa que resgata a ideia de articulação dos distintos movimentos sociais que militam em torno da temática, buscando, como consta em seu panfleto, “se posicionar totalmente contra a liberação da Licença de Operação, [pois] queremos que a Norte Energia e o governo cumpram com todas as promessas que fizeram à população da região”.

O segundo cenário é o dos povos indígenas. Entre 6 e 10 de julho, a Fundação Nacional do Índio (Funai) convocou os povos da região do Xingu a participar do seminário ‘Avaliação do Plano Básico Ambiental – Componente Indígena’. O evento buscou discutir com as comunidades indígenas a situação das exigências de Belo Monte destinadas a elas.

Do encontro, saíram muitas críticas aos atrasos e trabalhos malfeitos nas aldeias e aos indígenas residentes em Altamira. O mais interessante foi a chegada, no último dia do evento, do atual presidente da Funai, João Pedro Gonçalves da Costa, que prometeu aos participantes que “o que foi construído ao longo dessa semana com os índios será a verdade da Funai sobre Belo Monte”. Ou seja, o encontro servirá de subsídio para elaborar seu parecer e sua decisão política sobre o pedido de li-

beração da Licença de Operação. Há de se ponderar se, de fato, a Funai conseguirá manter tal promessa e, mesmo que a mantenha, se terá peso político para interferir nas decisões do Ibama sobre a licença e nas do governo federal, que visa agilizar sua entrada em operação.

O terceiro cenário é o das ações sociais desenvolvidas pelo Movimento dos Atingidos por Barragens em torno do apoio à população que precisa ser realocada. O Movimento procura estimular a formação crítica de milhares de famílias da região urbana de Altamira afetadas pela hidrelétrica, de modo a organizar ações coletivas de resistência e embate com o empreendedor, tanto para melhorar o tratamento ofertado na negociação da realocação quanto para fazer com que os reassentamentos urbanos coletivos não sejam apenas um casa de alvenaria no meio do nada, mas um conjunto de políticas compensatórias de educação, saúde, transporte, segurança pública, assistência social e geração de renda que transmitam, na prática, aquilo que é exigido textualmente: a melhoria das condições de vida da população realocada.

Certamente, cada um desses cenários de resistência social e de luta por direitos insere-se num contexto mais amplo de contínuas violências sociais e estruturais que têm por fio condutor o modelo de desenvolvimento implantado no território do Xingu – mais um dos filhos da lógica colonial de tratamento da Amazônia. 



A GENÉTICA ASSASSINADA

Sem embasamento científico, nem questionamentos morais relevantes, *Hitman: agente 47* frustra espectador que busca algo além da ação frenética

O FILME *Hitman: agente 47* trata das aventuras e desventuras de um assassino – interpretado por Rupert Friend – programado geneticamente para matar de maneira mais eficiente que seus colegas de profissão tradicionais, isto é, apenas psicopatas. Essa programação genética envolveu manipulações, não esclarecidas no filme, que deram ao personagem um controle total de suas emoções – fator que lhe conferiu ausência total de empatia pelos seres humanos ou outros viventes.

Aparentemente, mesmo para os assassinos profissionais mais enduados, algumas questões comportamentais, como remorso, ou outros critérios ligados à ética, ainda prejudicam seu desempenho. Mas os geneticistas que programaram os agentes conseguiram eliminar de suas cobaias tais percalços.

Quem assiste a *Hitman* e vai buscar algum embasamento na genética ficará frustrado. *Jurassic Park*, por exemplo, é mais didático: os produtores nitidamente se preocuparam

em validar seus voos de fantasia e transmitiram aos espectadores alguns conceitos científicos que serviram para fazê-los crer que o enredo não estava muito longe do possível. Quem viu vai lembrar que, no início de *Jurassic Park*, há uma divertida aula que explica tais conceitos e, sem dúvida, mostra que houve um trabalho inicial de consultoria científica.

Em *Hitman*, esse trabalho preparatório não existe. O único momento em que a genética entra em discussão acontece já quase no final, quando o

O agente 47, interpretado por Rupert Friend, foi programado geneticamente para matar, por meio de manipulações não esclarecidas no filme



FOTOS: DIVULGAÇÃO

cientista (obviamente arrependido) está sendo interrogado e torturado para revelar a metodologia empregada para produzir seus agentes. Nessa cena, o interrogador apenas lança alguns termos comuns da biotecnologia, que, para os não iniciados, significam muito pouco, ou nada.

O filme tampouco aborda questões existenciais como as propostas em *Blade Runner*, o caçador de andróides, em que criador e criatura ponderam instigantes questões filosóficas sobre o que, de fato, representa a vida. Em *Hitman*, quando o agente 47 encontra algum tempo para dialogar com a sua parceira, a quem tenta proteger – a bela, porém inexpressiva, Hannah Ware –, ele arrisca algo enigmático que, em tradução livre, é algo como “Somos aquilo que fazemos”, o que, novamente, não provoca pensamentos mais elevados.

NATUREZA E CULTURA Outro equívoco, ou omissão, em *Hitman* é a insistência na crença de que as emoções e o comportamento de maneira geral são regidos pelo DNA. Essa noção está atualmente tão arraigada nas pessoas que produtores e espectadores já formaram entre si forte aliança de cumplicidade. Explicar a diferença entre ‘Nature x Nurture’ [natureza x cultura] exigiria algum esforço intelectual e, certamente, subtrairia do filme tempo precioso que, nesse caso, foi mais bem empregado nas inevitáveis cenas de perseguição e destruição de carros e de propriedade, em geral, além de muita matança.

Bem, o que esperar de um filme baseado num *game*? Fora a exibição de um arsenal poderoso e de sistemas de vigilância que deixam *1984* no chinelo (esses, sim, de assustar), *Hitman* não sai do lugar-comum dos filmes de aventura do gênero pseudocientífico-futurístico. Acreditem ou não, há até um diálogo entre o vilão (não o assassino, que, na verdade, acaba se tornando o herói) e o cientista em que é recitada a frase “Eu e você não somos tão diferentes...”, mais gasta do



Não faz sentido o uso do código de barras na nuca dos agentes; ele poderia ser simplesmente substituído por um discreto implante de pele



Baseado num *game*, *Hitman* não sai do lugar-comum dos filmes de aventura do gênero pseudocientífico-futurístico

que tênis de maratonista. E, como esperado, o desalmado agente 47 acaba se humanizando um pouco quando, ao final, sorri por uma fração de segundo, deixando perceber que o DNA não é tão inexorável assim. Nesse instante, apresenta-se a dúvida: será que o criador ficou orgulhoso de seu erro como geneticista, ou apenas irritado com sua falha ao programar suas criaturas?

Outras indagações que podem afligir os espectadores dizem respeito ao fator econômico. Presumivelmente, a produção de agentes da série *Hitman* deve custar uma fortuna. Ademais, compute-se o custo dos armamentos de última geração, munição abundante, carros e roupas estilosas utilizados. Quantos clientes poderiam, na realidade, contratar tais profissionais? Uma missão simples não deve estar pela hora da morte.

Malgrado a eficiência desses, para a maior parte dos mandantes, a galera dos matadores encontradiços deve ficar bem mais em conta. Enfim, não fica claro se *Hitman* terá outros episódios, mas, caso isso aconteça, deixo a minha humilde sugestão de substituir o código de barras e o número de série na nuca dos agentes por um discreto implante de pele. Isso melhoraria um pouco o lado estético desses especialistas, algo que os produtores claramente desejam enfatizar, além de dar a eles um pouco mais de privacidade. E, pensando bem, para que mesmo o tal código?

Franklin Rumjanek

*Instituto de Bioquímica Médica,
Universidade Federal do Rio de Janeiro*

Malária: entre humanos e aves

Parasito causador da doença infecta outros vertebrados e influencia composição de ecossistemas

NEWTON P. U. BARBOSA
ERIKA M. BRAGA

Laboratório de Malária,
Universidade Federal de Minas Gerais

Atualmente responsável pela morte de centenas de milhares de pessoas todo ano no mundo, a malária também pode infectar outros vertebrados, entre eles, as aves. Embora raramente provoque nesses animais sintomas graves, o parasito causador da doença aviária pode levar à extinção de espécies e interferir na composição de comunidades ecológicas. A diversidade desses micro-organismos em um ecossistema está associada à das aves e a fatores ambientais.

O nome 'malária' vem do italiano medieval *'mal-aire'*, cunhado pelos romanos. De fato, era muito natural, naquela época, acreditar que a malária pudesse ser contraída pelo ar, uma vez que as pessoas desconheciam a importância dos parasitos, bem como de seus vetores, na contaminação pela doença. O temido quadro de febre e dores musculares, típico da malária, já era conhecido no antigo Egito, mais de 1,3 mil anos antes da era cristã. E não era uma doença incomum: o rei egípcio Tutancâ-

mon foi portador do parasito causador da malária, e especula-se que esta tenha sido a causa de sua morte. Provavelmente, os egípcios também acreditavam que esse mal era causado por 'ar ruim'.

Séculos mais tarde, pouco tempo após o início da colonização europeia nas Américas, a malária cruzou o Atlântico e infectou grande parte da população humana do Novo Mundo. Em 1546, um padre jesuíta que havia recebido de alguns índios equatorianos um pó de gosto extremamente amargo – o quinino – “milagrosamente” teve os sintomas cruéis da febre amenizados. Extraído pelos índios da casca de árvores do gênero *Chinchona*, o quinino foi, por muitos séculos, a única forma de se amenizar e prevenir a malária em todos os cantos do mundo. No século 18, os soldados ingleses da Companhia Britânica das Índias Orientais, em suas incursões bélicas na Índia, negavam-se a tomar o tônico de quinino devido ao seu gosto extremamente amargo. Para resolver o problema, os oficiais começaram a misturar ao tônico uma bebida alcoólica muito

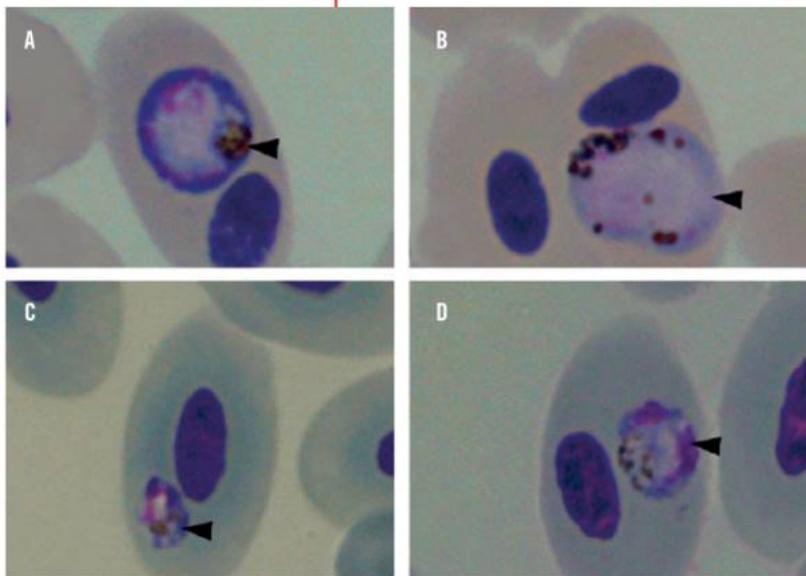


Figura 1. Vários estágios do ciclo de vida de *Plasmodium tejerae* em hemácias de um pinguim-de-magalhães capturado no Sul do Brasil: A) e C) trofozoito, B) microgametócito, e D) meronte eritrocítico

apreciada pelos britânicos: não fosse pela temida malária, atualmente os bares do mundo não conheceriam o gim-tônica!

Considerada pelos oficiais britânicos o “inimigo número dois” no século 18, a malária ainda hoje é responsável pela morte de centenas de milhares de pessoas a cada ano em todo o mundo, sobretudo nos países tropicais e subtropicais. Nas últimas décadas, porém, os pequenos parasitos causadores da doença passaram a ser vistos sob outra ótica, o que tem contribuído para amenizar a má fama atribuída a eles por tantos séculos.

HOSPEDEIROS SILENCIOSOS A malária é causada por protozoários parasitos do sangue pertencentes ao gênero *Plasmodium*. Espécies desse gênero vivem no interior das hemácias (glóbulos vermelhos) e podem estar presentes não só em hospedeiros humanos, como também em diversos outros vertebrados – por exemplo, as aves – em praticamente todas as regiões do mundo. No caso das aves, a doença é chamada de malária aviária e não é transmitida aos seres humanos. Os parasitos da malária humana formam um grupo distinto daquele que reúne os parasitos da malária aviária, que parecem ser mais antigos do ponto de vista evolutivo.

Desconhecidos da maioria das pessoas, esses parasitos aviários desempenham importante papel na composição dos ambientes naturais. A grande maioria das espécies de aves do planeta tem esses protozoários em suas hemácias, mas, frequentemente, não desenvolve os sintomas graves associados à malária humana. Entretanto, a infecção por esses micro-organismos pode afetar sua fertilidade, sua fecundidade e seu sistema imunológico. Dessa forma, esses parasitos podem influenciar a estrutura de toda a comunidade ecológica em que as aves estão inseridas.

Além disso, caso sejam introduzidos em ambientes não nativos, esses protozoários podem causar surtos sintomáticos em comunidades de aves que não tenham sido previamente ex-

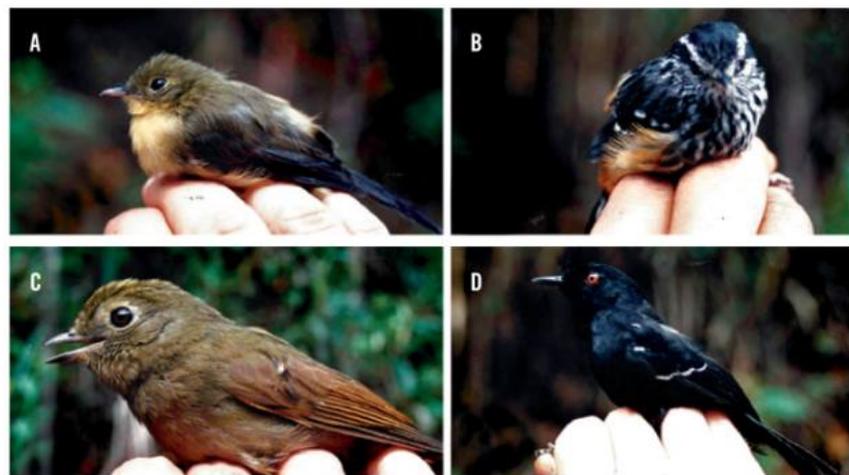


Figura 2. Aves capturadas em área de cerrado no Sudeste brasileiro para análise da presença de parasitos do sangue: A) exemplar da família Conopophagidae, B) exemplar da família Formicariidae, C) e D) exemplares da família Thamnophilidae

postas a eles. De fato, a malária aviária (provocada por *Plasmodium relictum*) introduzida no arquipélago do Havaí foi a maior responsável pela extinção de inúmeras espécies de aves nativas daquelas ilhas. Outra evidência da necessidade de se compreender a ecologia desses parasitos aviários é que eles são frequentemente encontrados em pinguins-de-magalhães (*Spheniscus magellanicus*) mantidos em zoológicos ou centros de reabilitação em diferentes países, incluindo o Brasil (figura 1).

ALTA DIVERSIDADE Hoje se sabe que a riqueza desses parasitos aviários é extremamente alta, ultrapassando 1,3 mil linhagens (variedades genéticas que podem representar novas espécies ou subespécies) espalhadas por todo o mundo. A diversidade desses organismos na América do Sul vem sendo explorada de forma crescente. Um grupo de pesquisadores do Laboratório de Malária da Universidade Federal de Minas Gerais tem realizado trabalhos pioneiros de descrição de novas linhagens na América do Sul, mais especificamente no Brasil. Nesse momento, uma das prioridades é descrever os padrões de riqueza de linhagens de hemosporídeos (parasitos que destroem os glóbulos vermelhos do sangue de vertebrados), assim como os padrões de

prevalência de infecção, no continente sul-americano. O que se tem visto é que esses padrões resultam de uma complexa interação entre componentes associados aos seres vivos e aqueles derivados de aspectos físicos e químicos das comunidades ecológicas.

Sabemos, por exemplo, que a riqueza de linhagens de parasitos está intimamente relacionada com a diversidade de aves das comunidades (figura 2). Fatores ambientais também parecem influenciar essa riqueza. Ecossistemas altamente sazonais, como o cerrado e as matas secas, apresentam grandes mudanças periódicas na densidade populacional de vetores da malária aviária (diferentes espécies de mosquitos e pernilongos), sensíveis às mudanças de temperatura e disponibilidade de água, o que interfere na diversidade de parasitos. Por outro lado, em ambientes de floresta tropical, como a Amazônia (com clima relativamente mais estável e homogêneo), observa-se um padrão diferente na composição da comunidade dos parasitos.

As causas desses distintos padrões para a diversidade de linhagens desses parasitos ainda não são totalmente conhecidas. Mas o Brasil já se coloca na primeira fila para descobrir os mistérios por trás desses pequenos e fantásticos organismos. **GH**

Os caminhos da especiação

Formação de novas espécies pode ocorrer de modos diferentes

Entre as várias funções da bioluminescência dos seres vivos, destaca-se a atração de parceiros sexuais em pirilâmpas e vagalumes: os machos de diferentes espécies piscam em padrões característicos e são atraídos pela resposta luminosa mais simples das fêmeas. Como os autores do artigo 'Luzes vivas da noite' mostram nesta edição, esse padrão luminoso tem consequências ecológicas importantes, podendo ser imitado por predadores ou atrair uma complexa rede de espécies que se alimentam umas das outras.

A bioluminescência não é a única forma de comunicação (e atração) entre machos e fêmeas de uma mesma espécie. Esses mecanismos incluem também outros estímulos visuais, como cores, além de sons e aromas. Os cinco sentidos podem participar, isoladamente ou em conjunto, da atração de parceiros e das escolhas para cruzamento entre eles. Entre os mecanismos químicos, destacam-se os feromônios.

Os feromônios têm vários componentes químicos diferentes, mesmo quando sua função é exercida, principalmente, por um deles. A importância desses aromas para o encontro de machos e fêmeas é tão grande que mesmo pequenas variações na sua composição podem interferir no sucesso reprodutivo do indivíduo. Há também insetos que utilizam combinações de sons e feromônios no acasalamento. Em outros animais, predominam os estímulos visuais, como cores vivas em padrões bem defini-

dos, comportamentos (como danças), ou sonoros (como os diversos tipos de canto existentes em insetos e pássaros).

FORMAÇÃO DE NOVAS ESPÉCIES Acredita-se que alguns processos de formação de novas espécies (especiação) ocorrem com a participação de mudanças nos mecanismos de acasalamento. Isso parece ser importante sobretudo no caso da especiação simpátrica, que ocorre quando duas novas espécies surgem a partir de uma espécie original sem a existência de barreiras entre elas. Ou seja, duas novas espécies surgem de uma mesma espécie original, embora as novas espécies tenham se formado enquanto viviam e continuam a viver num mesmo ambiente (figura 1A).

Pode-se imaginar, por exemplo, que a seleção natural favoreça dois tipos de indivíduos de tamanhos muito distintos, enquanto os tamanhos intermediários ficariam desfavorecidos. O problema é que mesmo que esses dois tipos extremos sejam favorecidos, os cruzamentos entre eles (e com as formas intermediárias) impedem que os dois se tornem novas espécies. Por isso mesmo, em muitos modelos de especiação simpátrica, os indivíduos dos dois tipos extremos devem se reproduzir de preferência entre si, e não com indivíduos dos outros tipos. Desse modo, eles podem acumular diferenças genéticas que, ao longo do tempo, transformam cada uma dessas populações agora isoladas reprodutivamente em duas no-

vas espécies. Por isso, a atração entre machos e fêmeas é tão importante nesse modelo.

SIMPÁTRICA E ALOPÁTRICA A especiação simpátrica difere bastante do processo de especiação alopátrica, muito mais conhecido e bem aceito pelos cientistas. A especiação alopátrica ocorre quando existe uma barreira (em geral, geográfica) que impede o fluxo de genes (cruzamento) entre as duas populações isoladas pela barreira. Cada uma dessas populações fica exposta a pressões ambientais distintas e processos de seleção natural diferentes. Em cada um dos lados da barreira, a seleção natural favorece adaptações específicas. Naturalmente, o que é favorecido de um lado pode não o ser do outro, e vice-versa. Com o tempo, as diferenças genéticas resultantes desses processos de seleção se acumulam, gerando duas ou mais espécies distintas e isoladas. Dessa forma, mesmo se a barreira for removida posteriormente, as espécies podem viver juntas, mas os indivíduos de cada uma delas não são mais capazes de cruzar com os da outra. Por isso, elas se mantêm como espécies diferentes num mesmo ambiente.

A especiação simpátrica foi, e ainda é, objeto de intensa controvérsia entre cientistas (figura 1B). Para muitos, porém, alguns casos de sua ocorrência estão bem documentados. Os peixes ciclídeos de lagos isolados na África são exemplos muito citados. A tremenda diversidade de

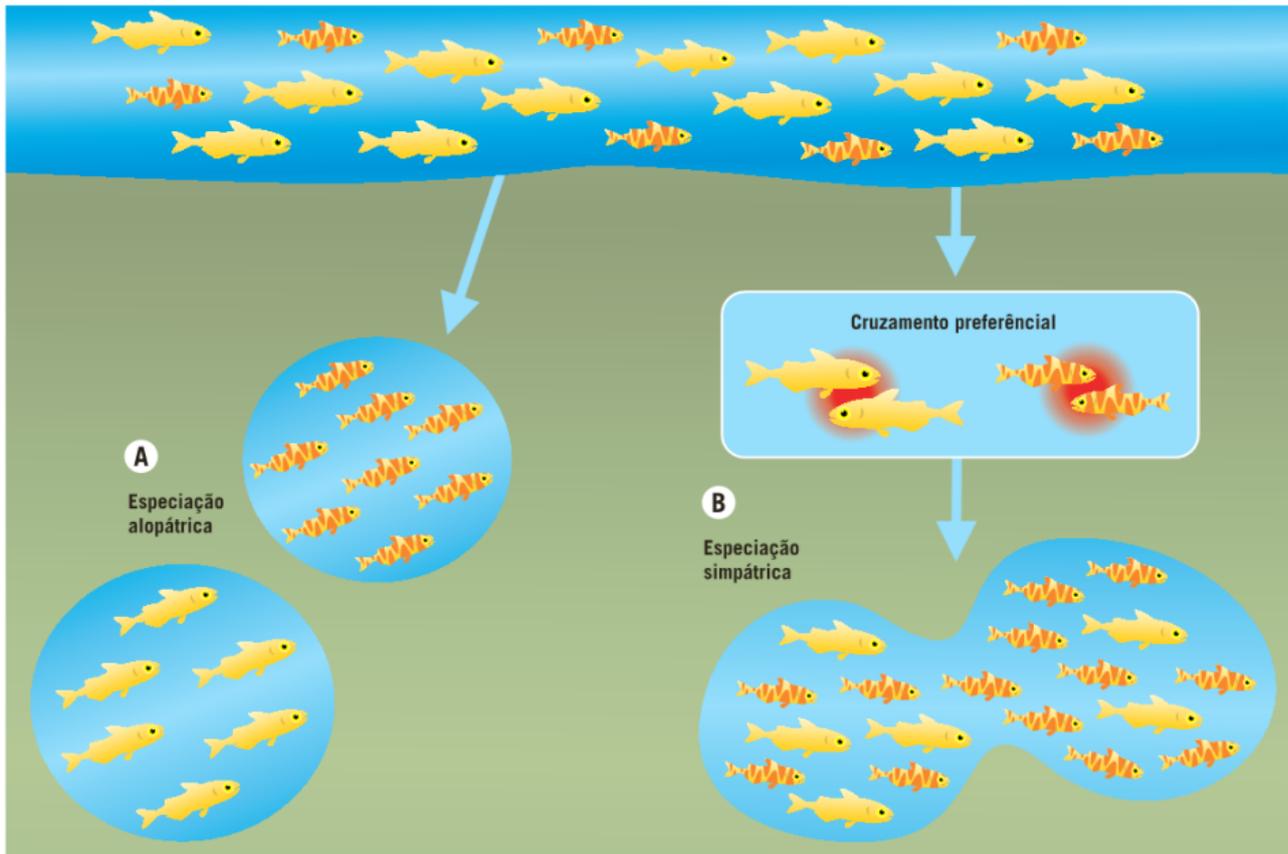


Figura 1. Existem dois tipos principais de formação de novas espécies (especiação). Nos dois casos, existe diversidade genética na população inicial. Na especiação alopátrica, surge uma barreira entre populações de uma mesma espécie (em geral, geográfica), que impede o cruzamento entre elas (A). A seleção natural favorece, nesse caso, adaptações específicas, agindo diferentemente sobre as duas populações. As diferenças genéticas se acumulam, gerando espécies distintas. Na especiação simpátrica, duas novas espécies surgem em um mesmo ambiente a partir de uma espécie original, sem a existência de barreiras entre elas. O cruzamento preferencial favorece o acúmulo de diferenças genéticas contribuindo para a especiação (B)

espécies existente atualmente em cada lago deve ter se originado de um grupo ancestral de indivíduos de uma mesma espécie. Vivendo num mesmo lago, esse grupo original sofreu mutações que permitiram ocupar diferentes nichos ecológicos, possivelmente em associação com mudanças nos mecanismos de atração e escolha de parceiros. Em conjunto, esses processos resultaram na formação da grande diversidade de espécies de ciclídeos existentes em cada lago.

Um processo semelhante parece ter ocorrido com duas espécies de ciclídeos num lago formado pela queda de um meteoro na Nicarágua. Embora esses exemplos sejam criticados por cientistas, a discussão sobre especiação simpátrica está mais voltada para o quanto ela é comum ou muito

rara, com preferência da maioria pela segunda alternativa.

Casos de complexos de espécies muito próximas de insetos vivendo num mesmo ambiente, mas com padrões distintos de feromônios e/ou de sons, têm sido descritos na natureza. Porém, é difícil determinar se já estamos lidando com espécies distintas. Ainda mais complicado é saber se essas diferenças se acumularam com ou sem a interferência de barreiras geográficas no passado. Ou seja, é difícil saber se o processo de especiação, caso tenha realmente ocorrido, se deu por especiação simpátrica.

A discussão do modelo de especiação simpátrica tem sido deixada de lado no ensino de biologia, talvez por seu caráter controverso. Este, porém, não seria o melhor motivo pa-

ra discuti-lo? Afinal, apresentar aos alunos temas que são objeto de controvérsia entre cientistas os familiarizaria com a ideia de que o conhecimento científico está em permanente construção.

Outros temas, de grande impacto socioeconômico, como as mudanças climáticas, têm esse caráter controverso. Mas é importante que saibamos que mesmo temas aparentemente distantes de nosso dia a dia também geram polêmicas, debates e discussões acaloradas entre cientistas. E que tudo isso faz parte do processo de construção de conhecimento científico.

MAURÍCIO LUZ

Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz

Os cinturões de van Allen

Campo magnético terrestre aprisiona íons e partículas carregadas em torno do planeta

Eram 2h45 da madrugada quando o sistema de transmissão de energia sobrecarregou, deixando sem eletricidade toda a província canadense do Quebec, por 12 horas, em 13 de março de 1989 – portanto, ainda no inverno. Três dias antes, o observatório solar de Kitt Peak, no Arizona (EUA), havia detectado a formação de um enorme *flare* (jato de matéria emitido pelo Sol), seguido, oito minutos depois, por grande aumento da incidência de radiação ultravioleta e raios X nas camadas superiores da atmosfera terrestre.

A luz do Sol leva apenas oito minutos para chegar à Terra, mas partículas com massa são mais lentas. Elétrons, prótons e outras partículas eletricamente carregadas chegaram aos bandos, na noite de 12 para 13 de março. Entretanto, à medida que se aproximam da Terra, essas partículas passam a sentir os efeitos do campo magnético terrestre. A Terra se comporta como se, em seu núcleo, existisse um ímã gigante, gerando, em torno de si, linhas do campo magnético que saem do polo Norte magnético (PNM) e convergem para o polo Sul magnético (PSM).

Os polos magnéticos não coincidem com os polos geográficos: o PSM encontra-se hoje no norte do Canadá; já o PNM está em algum ponto entre a Austrália e a Antártida. Assim, as linhas de campo apontam do Sul (geográfico) do planeta para o Norte.

Uma maior densidade de linhas indica onde o campo é mais intenso,

enquanto linhas mais espaçadas mostram onde ele é mais fraco. Quando uma partícula carregada em movimento interage com um campo magnético, ela sofre uma força que é perpendicular tanto à direção do campo quanto à da velocidade da partícula. A direção dessa força é dada, como aprendemos no ensino médio, pela chamada ‘regra da mão direita’ (polegar, indicador e dedo médio formando 90° entre si – figura 1A), mas seu sentido depende do sinal da carga elétrica da partícula.

A força perpendicular à velocidade age como uma força centrípeta, fazendo com que a partícula descreva uma trajetória circular em torno da direção das linhas de campo (figura 1B). Para as partículas carregadas positivamente, como prótons e íons positivos, essa trajetória será percorrida em um sentido (horário, se vista do Norte geográfico da Terra), enquanto, para as partículas negativas, como os elétrons, ela será percorrida no sentido oposto.

QUICANDO ENTRE POLOS Raramente as velocidades das partículas são perfeitamente perpendiculares às linhas do campo magnético. Em geral, têm alguma componente Norte-Sul, o que faz com que, em vez de perfazer órbitas circulares, elas espiralem ao longo das linhas de campo, em direção aos polos magnéticos (figura 1C). Porém, à medida que elas se aproximam dos polos, há um aumento da densidade de linhas de campo – que convergem para os polos. Isso, por sua vez, intro-

duz uma força contrária ao movimento das partículas, retardando-as e fazendo-as reverter suas trajetórias.

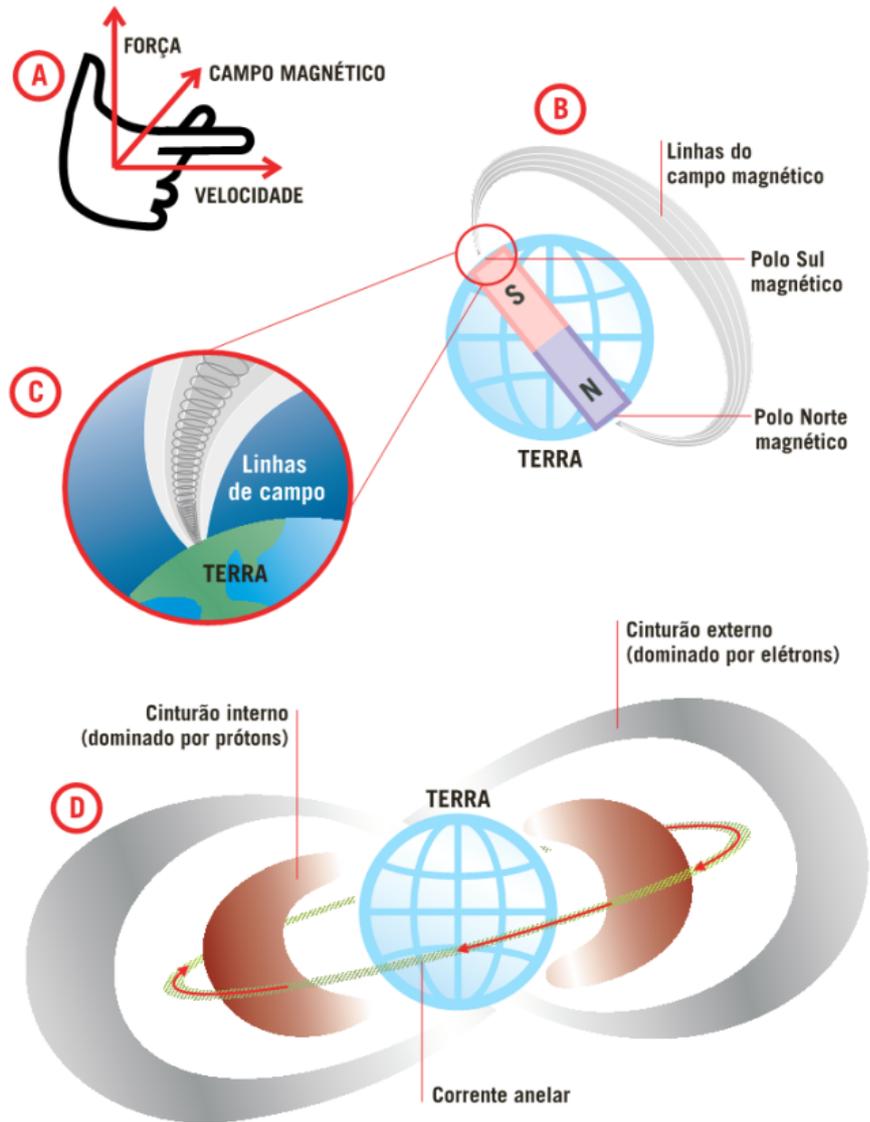
Com a reversão da trajetória, as partículas passam, então, a ser aceleradas em direção ao polo oposto, onde o mesmo efeito ocorre. Desse modo, elas ficam retidas em uma região do campo magnético terrestre, ‘quicando’ entre os polos.

Esse efeito confina as partículas em duas regiões diferentes do espaço, criando cinturões em torno da Terra, chamados cinturões de van Allen, em homenagem ao pesquisador estadunidense James van Allen (1914-2006), que os descobriu ao interpretar dados obtidos pela sonda Explorer 1, lançada em 1958.

O cinturão mais externo é dominado por elétrons, confinados em uma região que vai aproximadamente de 13 mil a 60 mil km da superfície terrestre, enquanto o cinturão interno tem maioria de prótons e se estende em média de 1 mil a 6 mil km de altitude. Este último chega a cerca de meros 200 km de altitude na região da anomalia magnética do Atlântico Sul, acima de boa parte do território brasileiro, onde o campo magnético terrestre é mais fraco.

CORRENTE ANELAR Além do movimento de quicar entre os polos, espiralando em torno das linhas do campo magnético, as partículas positivas são também desviadas lentamente em torno da Terra, no sentido horário (quando visto do Norte geográfico). Já

Figura 1. Em A, regra da mão direita para força que age sobre cargas positivas. Em B, linhas do campo magnético terrestre. Em C, íons e partículas espiralando em direção ao polo Sul magnético. Em D, corte seccional dos cinturões de van Allen e a corrente anelar



as negativas são desviadas no sentido anti-horário (figura 1D). Esses fluxos de partículas dão origem a uma corrente elétrica em torno do planeta, no sentido horário, chamada corrente anelar.

As partículas que compõem os cinturões de van Allen não têm origem apenas no vento solar: outros mecanismos criam partículas carregadas livres que são capturadas e confinadas nos cinturões. Por exemplo, a radiação ultravioleta do Sol ioniza átomos das camadas mais altas da atmosfera, energizando elétrons e íons o suficiente para que parte deles adquira velocidades para escapar da atmosfera e alcançar os cinturões (ver 'Íons negativos livres' nesta edição).

Partículas extremamente energéticas vindas do espaço (os chamados raios cósmicos) bombardeiam continuamente a atmosfera terrestre, interagindo com os núcleos dos átomos e gerando, entre outras coisas, nêutrons livres, que se decompõem (decaem) pouco tempo depois em elétrons e prótons, que poderão ser confinados nos cinturões. Explosões termonucleares na alta atmosfera no final do século passado também podem ter gerado partículas carregadas que se acumularam nos cinturões em processos semelhantes.

CABOS EM ÓRBITA Embora os cinturões de van Allen, em princípio, não afetem satélites colocados em órbitas baixas, eles certamente afetam projetos espaciais. Por exemplo, ao pla-

nejar as missões Apollo, que levaram o ser humano à Lua, os projetistas da Nasa (agência espacial dos EUA) consideraram o perigo representado pelos cinturões de van Allen. Porém, descobriu-se que a radiação à qual os astronautas são expostos ao atravessar os cinturões é muito menor que aquela à que são submetidas pessoas que trabalham com material radioativo na Terra.

De todo modo, há quem sugira maneiras de drenar as partículas dos cinturões de van Allen, usando uma rede de cabos ancorados à Terra e postos em órbita por satélites, porque o aumento

periódico da atividade solar amplia tremendamente a população de partículas dos cinturões, aumentando em até 10 vezes as correntes anelares. Nesses casos, podem surgir, especialmente em regiões sobre sedimentos rochosos, como o Quebec, grandes correntes elétricas induzidas que se propagam pela tubulação metálica subterrânea ou pelas linhas de transmissão.

BETO PIMENTEL

Colégio de Aplicação,
Universidade Federal do Rio de Janeiro

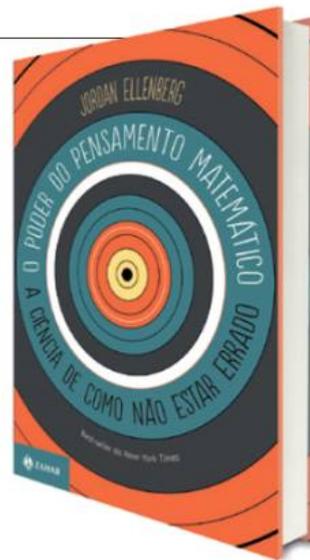
Fonte: WIKIMEDIA COMMONS

BELO PAR DE ÓCULOS

O poder do pensamento matemático

Jordan Ellenberg

Rio de Janeiro, Zahar, 536 p., R\$ 59,90, e-book: R\$ 39,90



CEDO OU TARDE, quase todo professor de matemática se depara com uma terrível pergunta. Um aluno, perdido em meio a deduções e considerações gerais, desafia: “Quando vou precisar disso?”. As respostas variam, desde o bem-humorado “na próxima prova”, até justificativas mais elaboradas, indo da importância e beleza da matemática até o seu uso como campo de treino de raciocínio lógico e formal.

Raramente, essas respostas são satisfatórias, e, em um pacto de silêncio implícito entre professores e estudantes, a questão é deixada de lado.

Mas, se essas respostas não são satisfatórias, então qual é? Afinal, por que precisamos aprender matemática? Neste livro, o matemático norte-americano Jordan Ellenberg oferece respostas a essas perguntas, por meio de histórias extremamente concretas e interessantes. Como ele mes-

mo diz, “saber matemática é como usar óculos de raios X, que revelam estruturas ocultas sob a superfície caótica e bagunçada do mundo”.

Para mostrar como esses óculos são poderosos, Ellenberg conta, com uma prosa ágil, histórias que se sustentam por si só e que se transformam quando observadas do ponto de vista da matemática.

Um exemplo é a história do estatístico austríaco Abraham Wald, que



FOTOGRAFIA: RIBEIROS

FERRAMENTA IMPORTANTE

Em visita recente ao Rio de Janeiro para participar da ‘Conferência Internacional da Teoria dos Números e Física’ no Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA), Jordan Ellenberg, professor da Universidade de Wisconsin (EUA) e autor da coluna ‘Do the math’ da revista *Slate*, conversou com a *Ciência Hoje* sobre a importância de conhecer conceitos matemáticos básicos.

Quando começou a se interessar por matemática? Desde muito cedo, mal me lembro. A pergunta é interessante, porque existe um estereótipo popular de que o talento ou interesse matemático se revela muito cedo. Foi assim para mim, mas conheci várias pessoas muito competentes que só descobriram a matemática mais tarde.

Esse início mais cedo o ajudou a se tornar um pesquisador na área? Sim. Em matemática, às vezes, estudantes muito bons abandonam a carreira por encontrarem outras pessoas com nível mais avançado. Mas isso pode servir de estímulo para aprender mais, se tornar melhor. É muito duro, como professor, ver alunos sendo prejudicados pelo culto da genialidade, estudantes que acham que não vale a pena fazer matemática se você não for o melhor, é muito triste. Isso não acontece em outras áreas. Nenhum atleta abandona seu esporte porque tem um colega que se destaca mais.

E é importante formarmos mais matemáticos? Pode ser um pouco polêmico o que vou dizer, mas já formamos matemáticos o bastante para as universidades, não há necessidade de termos mais pessoas dedicadas à área. Mas seria importante que houvesse mais advogados, médicos, políticos que tivessem uma formação matemática. Tenho muito orgulho de termos uma senadora por Wisconsin [Tammy Baldwin] que se formou em matemática.

Há algum conceito matemático que as pessoas deveriam conhecer melhor? Ao escrever o livro, percebi que seria importante que as pessoas conhecessem melhor probabilidade e estatística. Não é necessário compreender esses conceitos em profundidade, mas eles são usados frequentemente no dia a dia, em pesquisas políticas, na previsão do tempo. São ferramentas úteis e importantes.

Marco Moriconi - Instituto de Física/UFF

fez parte do grupo de pesquisa estatística do esforço de guerra norte-americano durante a Segunda Guerra Mundial. Entre os problemas dos Aliados estava o de obter uma forma de blindar os aviões para evitar que fossem abatidos. Os dados que detinham eram os próprios aviões que voltavam, sempre com muitos furos de bala. Mas onde reforçar a fuselagem? Wald deu uma resposta simples: os aviões deveriam ser reforçados onde havia 'menos' furos. A sugestão fica evidente quando entendemos que os aviões que voltavam às bases não apresentavam um padrão uniforme dos furos de bala, e aqueles que não retornavam deveriam estar sendo perfurados em áreas que não eram observadas.

A história é muito mais rica, e Ellenberg a apresenta com detalhes fascinantes e descrição matemática precisa, sempre evitando o uso de fórmulas ou conhecimento avançado.

São histórias reais como essa, nas quais a matemática tem um papel crucial na transformação e elucidação do enredo, que recheiam o livro. Outros exemplos são o estudo do 'código bíblico' – segundo o qual nomes de rabinos e suas datas de nascimento estariam codificadas no *Torá* – e as apostas de certa loteria em Boston com o uso da geometria.

Deve-se ressaltar que muitas das aplicações matemáticas discutidas envolvem estatística e probabilidade, o que faz sentido: em nosso dia a dia, esses são alguns dos conceitos mais importantes. E é uma pena que não sejam apresentados de forma mais sistemática em nosso currículo escolar.

O livro de Ellenberg fornece uma caixa de ferramentas poderosa ao mesmo tempo que entretém e cumpre o seu papel de forma exemplar. Ao terminar, os leitores ganharão os 'óculos matemáticos' oferecidos pelo autor. E certamente saberão responder a qualquer um que pergunte para que serve a matemática.

Marco Moriconi

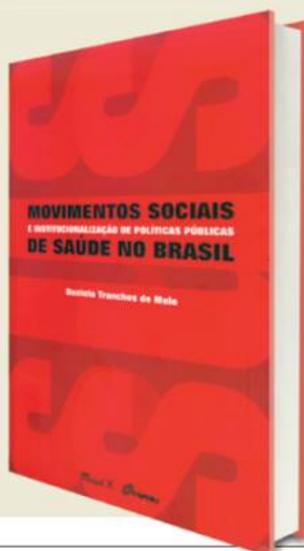
*Instituto de Física,
Universidade Federal Fluminense*

Movimentos sociais e institucionalização de políticas públicas de saúde no Brasil

Daniela Tranches de Melo

Rio de Janeiro, Mauad X / Faperj, 264 p., R\$ 49

Ao resgatar estudos teóricos sobre movimentos sociais e sua influência na formulação de políticas públicas, este livro analisa, com uma perspectiva histórica, o surgimento do sistema de saúde no Brasil, que se confunde com o próprio processo de modernização do país. Socióloga e pesquisadora do Instituto de Estudos em Saúde Coletiva da Universidade Federal do Rio de Janeiro, a autora mostra que a história da institucionalização das políticas de saúde contou, desde seus primeiros capítulos, com agentes centrais: o Estado, a sociedade civil e os intelectuais.



Trajetórias das desigualdades: como o Brasil mudou nos últimos cinquenta anos

Marta Arretche (org.)

São Paulo, Unesp, 490 p., R\$ 69

Uma análise que foge das discussões acaloradas sobre o tema, este livro reúne 14 ensaios que versam sobre os diferentes tipos de desigualdades existentes no país – de classe social, cor, gênero etc. Os textos percorrem essas diversas trajetórias, munidos de dados confiáveis e análises relevantes de especialistas sobre o período que vai de 1960 até 2010 – época de mudanças significativas na organização do país em diversos níveis. Para cumprir seu objetivo, a obra lança luz sobre cinco aspectos principais: participação política, educação e renda, políticas públicas, dinâmica demográfica e mercado de trabalho. A organização do livro coube a Marta Arretche, professora do Departamento de Ciência Política da Universidade de São Paulo e diretora do Centro de Estudos da Metrópole (CEM).



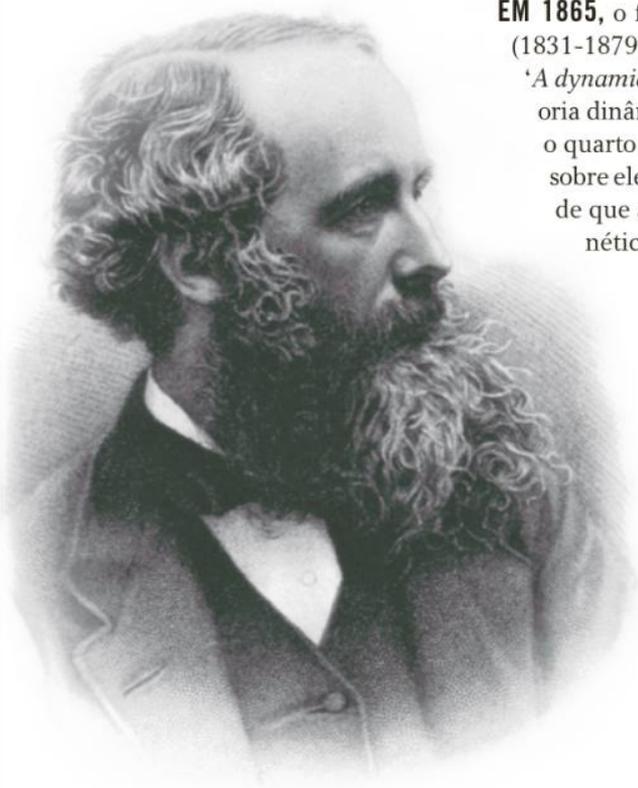
A unificação de Maxwell

1865. TRABALHO UNIFICOU O ELETROMAGNETISMO E A ÓPTICA. Publicado por um físico teórico escocês, o artigo – parte de uma série sobre o tema iniciada anos antes – reunia, em um só corpo teórico, duas áreas da física até então vistas como distintas. Esse conjunto de trabalhos – hoje, resumido na forma de quatro equações – tornou-se um marco na história da física, principalmente pelo fato de mostrar que a luz é uma onda eletromagnética.

CIBELLE CELESTINO SILVA

Instituto de Física de São Carlos e Grupo de História,
Teoria e Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo

WIKIPÉDIA/GRÁFICA DE G. J. STODART A PARTIR DE FOTO DE FERDINAND VON SIEBOLD



EM 1865, o físico teórico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) publicou um importante trabalho intitulado '*A dynamical theory of the electromagnetic field*' [Uma teoria dinâmica do campo eletromagnético]. O trabalho é o quarto de uma série iniciada cerca de 10 anos antes sobre eletromagnetismo, culminando com a proposição de que a luz é o resultado de campos elétricos e magnéticos que se propagam no vácuo e na matéria.

Os resultados dessa série de trabalhos – acrescidos de novos – foram posteriormente reunidos no livro *Treatise on electricity and magnetism* [Tratado sobre eletricidade e magnetismo], publicado em 1873. Não é exagero dizer que esse livro de Maxwell se iguala em importância às obras *Philosophiae naturalis principia mathematica* [Princípios matemáticos da filosofia natural] e *Opticks* [Óptica], do físico inglês Isaac Newton (1642-1727), publicadas pela primeira vez em 1687 e 1704, respectivamente.

J. C. Maxwell

Aos 16 anos, Maxwell começou a estudar matemática, filosofia natural e lógica na Universidade de Edimburgo (Escócia). Em 1850, mudou-se para Cambridge (Inglaterra), passando a maior parte do tempo no Trinity College, onde Newton havia estudado e feito carreira. Maxwell formou-se em 1854 em matemática, com grande destaque entre os outros estudantes. Enquanto estava no Trinity, começou suas pesquisas sobre eletricidade e magnetismo, tema que estudou até sua morte precoce. Casou-se em 1859, com Katherine Dewar (1838-1889). O casal não teve filhos.

A teoria de Maxwell é tão diferente do eletromagnetismo atual que deixaria muitos físicos contemporâneos perplexos. À época, não se cogitava a existência do elétron – proposto apenas no final do século 19 – e se assumia a existência de um éter contínuo que permeava todo o espaço. Além disso, o formalismo matemático usado hoje – conhecido como cálculo vetorial – ainda não havia sido criado.

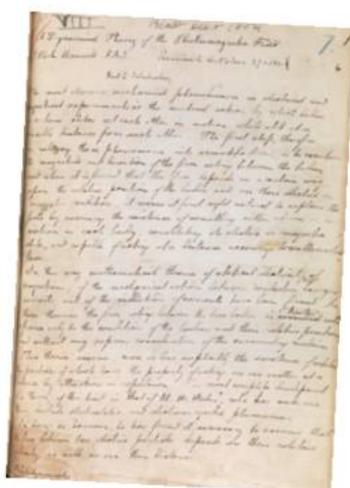
Maxwell não tomava as equações que descreviam o campo eletromagnético como a única coisa importante. Para ele, o que importava era relacionar o eletromagnetismo com uma teoria de éter, pois lhe parecia fundamental a existência de modelos mecânicos adequados que explicassem os fenômenos físicos e que, ao mesmo tempo, permitissem formar uma imagem mental desses fenômenos.

Apesar dessas e outras diferenças, o novo estilo de fazer física e as equações criadas por Maxwell – que unificavam os fenômenos eletromagnéticos e os ópticos – são usados até hoje.

INFLUÊNCIAS E ENFOQUE As influências mais importantes sobre Maxwell foram os trabalhos do físico inglês Michael Faraday (1791-1867) – que propôs a ideia de linhas de força para representar o estado de um campo magnético – e do físico irlandês William Thomson (1824-1907) – posteriormente, conhecido como lord Kelvin.

O enfoque de Maxwell sobre como tratar a física se aproximava bastante do de Thomson. Ambos atribuíram um papel central à geometria na expressão de ideias físicas e matemáticas; tinham grande domínio da matemática e interesse em problemas teóricos; possuíam ampla visão sobre os aspectos experimentais da física.

Maxwell, no entanto, interessava-se mais pelos aspectos filosóficos do que Thomson. O escocês interessou-se pelas questões relativas ao espaço e ao tempo como formas necessárias para o aprimoramento de nossa intuição sobre os fenômenos físicos.



Manuscrito do artigo de 1865 que se tornou um marco na história da física

Em 1856, Maxwell publicou o artigo *'On Faraday's lines of force'* [Sobre as linhas de força de Faraday], no qual desenvolveu uma nova forma – usada até hoje – de estudar os fenômenos eletromagnéticos. O novo enfoque geométrico associava superfícies perpendiculares às linhas de força de Faraday – para nossos propósitos aqui, elas são exemplificadas por aquelas linhas observadas quando espalhamos limalhas de ferro nas proximidades de um ímã – para expressar leis

fundamentais em termos de campos de força.

Nesse trabalho, Maxwell aplicou a geometria de linhas-superfícies ao estudo de analogias da condução de eletricidade com o transporte de calor e o movimento de fluidos. Ele considerou como análogas a velocidade e direção do fluxo do fluido com a densidade e direção das linhas de força em superfícies fechadas, derivando, assim, equações que representam importantes efeitos elétricos e magnéticos.

O artigo termina com a solução de vários problemas de eletricidade e magnetismo. Por exemplo, o cálculo do efeito do campo magnético sobre uma esfera em rotação.

ÉTER DE VÓRTICES No segundo artigo sobre o assunto, *'On Physical Lines of Force'* [Sobre as linhas de força físicas], publicado em duas partes (1861 e 1862), o principal objetivo era construir um modelo que relacionasse as grandezas mecânicas com as grandezas eletromagnéticas no éter. Nesse modelo, o éter seria constituído por vórtices elásticos girando, entre os quais haveria pequenas esferas que transmitiriam o movimento de um vórtice para outro (figura 1). As equações que descrevem as relações mecânicas e eletromagnéticas apresentam a mesma forma, bastando atribuir os significados aos seus símbolos, segundo o fenômeno estudado.

A propagação de ondas em um meio elástico (por exemplo, a propagação do som no ar ou em outro meio material) era um campo de pesquisas desenvolvido à época, e as equações que descrevem esse tipo de fenômeno já eram conhecidas. Também se aceitava que a luz era uma onda transversal que se propaga em um meio elástico (no caso, o éter).

Maxwell percebeu que a elasticidade dos vórtices permitia relacionar a eletrodinâmica com a óptica e que, talvez, uma vibração transversal do éter pudesse representar a luz. Comparando as propriedades mecânicas

>>>

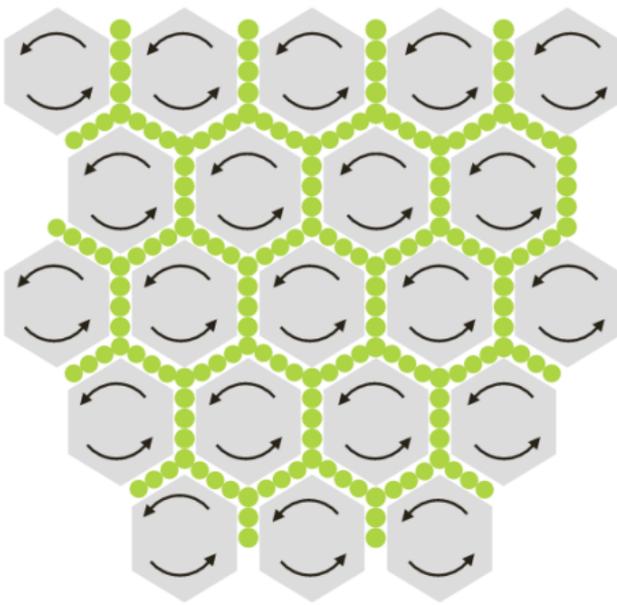


Figura 1. Diagrama dos vórtices elásticos em rotação e as esferas entre eles

com as eletromagnéticas, concluiu que essas vibrações se propagavam com velocidade muito próxima aos valores experimentais disponíveis à época para a velocidade da luz (hoje, cerca de 300 mil km/s para o vácuo).

Maxwell não acreditava na existência real de propriedades específicas de seu modelo de vórtices, considerando algumas delas bastante estranhas. Mas achava o modelo uma forma de relacionar conhecimentos mecânicos com eletromagnéticos. Para ele, essas hipóteses eram provisórias e úteis para se chegar a uma concepção física clara do fenômeno em questão.

HIPÓTESES INDESEJADAS Em 1862, Maxwell foi indicado para trabalhar em uma comissão formada pela Associação Britânica para o Progresso da Ciência, para estabelecer padrões para as unidades elétricas. Nessa época, escreveu, juntamente com o engenheiro inglês Fleeming Jenkin (1833-1885), o artigo *'On the elementary relations of electrical quantities'* [Sobre as relações elementares de quantidades elétricas], no qual se definem as grandezas elétricas e magnéticas em termos de massa, comprimento e tempo (M , L e T , do inglês *mass, length e time*).

Essa notação tornou-se padrão, expressando relações – ditas, na física, dimensionais – em termos de potências de M , L e T entre colchetes – por exemplo, velocidade (espaço/tempo) é representada como L/T (ou $L \cdot T^{-1}$). Esse trabalho é de particular importância, pois estabelece uma relação fenomenológica entre grandezas eletromagnéticas e a velocidade da luz.

Nos anos seguintes, Maxwell dedicou-se a “limpar a teoria eletromagnética da luz de hipóteses indesejadas” e a reformular a teoria sem referência a modelos mecânicos específicos para o éter. Para isso, usou um enfoque desenvolvido pelo matemático e astrônomo italiano Joseph-Louis Lagrange (1736-1813), no qual um sistema mecânico é estudado como uma espécie de caixa-preta, pois suas variáveis internas são substituídas por expressões envolvendo duas formas de energia, a potencial (posição) e a cinética (velocidade).

O enfoque dinâmico estava sendo bastante usado no estudo de meios elásticos por Thomson e por dois físicos-matemáticos, o inglês George Green (1793-1841) e o escocês Peter Tait (1831-1901), amigo próximo de Maxwell.

NATUREZA DA LUZ No artigo ‘Uma teoria dinâmica do campo eletromagnético’ – que, agora, completa 150 anos –, Maxwell apresentou o resultado de estudos que evoluíram por cerca de 10 anos. Baseando-se em princípios dinâmicos e nos resultados experimentais disponíveis, estabeleceu “uma Teoria do Campo Eletromagnético, pois ele se relaciona com o espaço nas vizinhanças dos corpos elétricos ou magnéticos, e pode ser chamada Teoria Dinâmica, porque assume que no espaço há matéria em movimento, da qual os fenômenos eletromagnéticos observados são produzidos”.

O artigo traz um conjunto de 20 equações – mais tarde, reduzidas a quatro – e 20 variáveis para descrever os fenômenos eletromagnéticos tanto no vácuo quanto na matéria. Entre eles, o importante resultado de que as ondas eletromagnéticas se propagam através do éter à velocidade da luz, ou seja, a luz é uma onda eletromagnética. Porém, Maxwell *não levantou* qualquer hipótese sobre a natureza desse ‘suporte’ para a luz – hoje, considerado inexistente.

O que consideramos hoje ‘as quatro equações de Maxwell’ é resultado das transformações sofridas pelas 20 equações publicadas há 150 anos. O formato usado hoje para as equações básicas do eletromagnetismo é fruto de intensos debates entre vários pesquisadores. Entre eles, o físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894), o telegrafista e autodidata inglês Oliver Heaviside (1850-1925) e o físico irlandês George FitzGerald (1851-1901).

Os principais aspectos envolvidos nessa redução estão relacionados com o uso de um novo formalismo matemático conhecido como cálculo vetorial e com questões conceituais sobre quais são as grandezas físicas relevantes, se campos ou potenciais.

Maxwell morreu jovem, aos 48 anos, 10 anos antes que um conjunto sólido de evidências experimentais da existência das ondas eletromagnéticas fosse obtido por Hertz na famosa série de experimentos feitos entre 1886 e 1889.

O ÚLTIMO MACHO I

Grças à ação humana, essa espécie [rincoronte-branco-do-norte, CH 327] pode ser em breve uma lembrança, assim como tantas outras! Lamentável! Todo ser vivo é um patrimônio inestimável!

Vanessa Oliveira

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

O ÚLTIMO MACHO II

Temos a obrigação de preservar uma dessas maravilhas da natureza.

Evandro L. Portes

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

RACISMOS

Como leio a revista que assino, quero me manifestar contra o uso da palavra racismo pela autora (CH 326) que inclui o genocídio dos armênios e o extermínio de judeus pelo nazismo. Em primeiro lugar, porque não existe na taxonomia clássica biológica a palavra raça, já que a classificação não admite, na espécie Homo sapiens (os humanos), a subdivisão raça, que existe em outras espécies de seres vivos. Em segundo lugar, porque há no Brasil uma mistura completa e fascinante de todo tipo de humanos: civilização portuguesa, indígena, negros que vieram como escravos, e (...) todo tipo de europeus que se miscigenaram amplamente, sendo a civilização brasileira um exemplo a ser seguido nesse aspecto. Então, falar em raça, no Brasil, além de revelar ignorância do assunto, contribui para que negros e mestiços surjam com a aberração jurídica de injúria racista (...). Tecnicamente, nenhum estudioso pode usar a palavra racismo (...). Somos todos humanos. (...)

João Ribeiro

Por correio eletrônico

CH O verbete 'racismo' consta de todos os dicionários da língua portuguesa, com várias acepções. No *Houaiss* aparecem quatro significados: (1) conjunto de teorias e crenças que estabelecem uma hierarquia entre as raças, entre as etnias; (2) doutrina ou sistema político fundado sobre o direito de uma raça (considerada pura e superior) de dominar outras; (3) preconceito extremado contra indivíduos pertencentes a uma raça ou etnia diferente, geralmente considerada inferior; (4) atitude de hostilidade em relação a determinada categoria de pessoas. No texto da coluna 'Linha do tempo' (CH 326), ele foi corretamente usado e contex-

tualizado, sem conotação biológica. A redação não concorda com o leitor quanto a "não poder usar a palavra racismo".

ENERGIA NÃO POLUENTE

Estava lendo na revista n° 293, de 2012, o artigo 'As barragens e os peixes – O impacto das grandes hidrelétricas nas espécies dos rios represados'. Como trabalho com energia fotovoltaica, talvez vocês achem interessante fazer uma reportagem a respeito desse tipo de energia no Brasil, sem financiamento, depois da resolução 482 da ANEEL, que tira qualquer incentivo a investimento – aliás, está para ser mudada; foi feita uma audiência pública recentemente. A Alemanha, com metade da insolação solar do pior lugar do Brasil e com uma área igual à de São Paulo e de Minas Gerais juntos, gera 28 TWh; e o Brasil, 0,001 TWh. O mundo desenvolvido investe nesse tipo de energia, e nós, graças às concessionárias que ditam as regras, caminhamos na contramão: aqui, é termoeletrica e hidrelétrica.

Clovis Florido Garcia

Por correio eletrônico

CH Agradecemos a sugestão e informamos que pretendemos publicar um artigo sobre energia solar em breve.

QUINTA BASE

Li a coluna de Franklin Rumjanek (CH 328), que achei, como sempre, muito interessante. Mas só queria contextualizar que a quinta base já é, há tempos, considerada no DNA como sendo 5mC; a sexta, como 5hmC e, agora sim, a sétima seria 5fC. Ainda não esquecendo da 5caC. No meu último curso, dei uma pincelada sobre isso, mas, segundo Frank Lyko, essas modificações são super-raras e parece que só são encontradas em mamíferos. Mas, quem sabe...

Marcelo R. Fantappiè

Instituto de Bioquímica Médica

Universidade Federal do Rio de Janeiro

GRALHA-AZUL

Com referência à resposta sobre gralha-azul reportada na CH 328, arrisco dizer que há mais gralhas-azuis na ilha de Santa Catarina do que nas áreas de ocorrência tradicional. Merece um estudo sistematizado. Pode ser que elas tenham

entrado pelo sul da ilha, com a criação do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

Luiz Batista

Florianópolis / SC

CIÊNCIA SOVIÉTICA

Com respeito à generalização de que "a ciência soviética floresceu amplamente" durante a ditadura stalinista ('Controvérsias científicas e escolaridade', CH 328, p.14), julgo pertinente enfatizar que a biologia – a genética em particular – sofreu expressivo retrocesso. Neolamarckista, a doutrina de Trofim Lysenko contradizia a genética mendeliana (considerada "uma falsificação reacionária, idealista e absurda da ciência"): assimilada por Stalin, propagou-se na União Soviética a partir dos anos 1930 e tornou-se monopolista – a visão oficial da biologia soviética – na segunda metade da década de 1940. O ensino e a pesquisa em genética foram proibidos. Numerosos biólogos foram perseguidos e presos, muitos executados. Emblemático, o mais ilustre opositor de Lysenko, Nikolai Vavilov – geneticista pioneiro e diretor do Instituto de Genética da Academia Soviética de Ciências –, morreu de subnutrição crônica, no 'gulag' soviético, em 1943.

Este é um exemplo ilustrativo da subordinação de uma disciplina científica a uma ideologia política pela intervenção repressiva. O lysenkoísmo teve consequências danosas para a agropecuária soviética, assim como para a educação científica dos jovens e a formação de novos cientistas. Stalin e o comitê central do Partido Comunista teriam encontrado, no 'ambientismo' de Lamarck, o fundamento científico para a almejada 'criação do novo homem soviético'. Imune às transformações sociais, a genética seria inconciliável com a doutrina marxista-leninista.

Elias O. Silva

Departamento de Genética,

Universidade Federal de Pernambuco

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



FOTO: CECILIO RODRIGUES

DESAFIO

O que mudaria se Vivi tivesse escolhido o patinho azul, por exemplo?

PATINHOS MÁGICOS

Façamos uma mágica matemática. Para isso, você precisará de quatro patinhos. De preferência, de borracha e cores diferentes – atenção, não tente com animais de verdade!

Primeiramente, ponha os patinhos em linha, um ao lado do outro (figura). Agora, chame sua ‘vítima’ – toda mágica tem uma vítima! O nome



dela será Vivi. Peça que ela, de frente para os quatro patinhos, escolha um qualquer – digamos que tenha sido o rosa.

Merlin (nosso mágico) instrui Vivi sobre uma manobra importante para a mágica: trocar o patinho escolhido de lugar com um ao lado dele – no caso, ela pode escolher o azul ou o verde. Em matemática, isso se chama transposição, e Vivi a realizará sempre que Merlin pedir.

Agora, Merlin – de olhos vendados, para aumentar a dramaticidade – começa a mágica. Vira-se de costas para Vivi e pede que ela faça cinco transposições, envolvendo o patinho rosa. Depois, em voz solene, pede: “Agora, remova o patinho à sua esquerda!” – lembre-se, Vivi está de frente para os patinhos.

Após a remoção, mais um pedido: “Mais uma transposição, por favor.”

Feito isso, Merlin ordena: “Remova o patinho à sua esquerda!” E, com um rufar de tambores ao fundo, finaliza: “Remova o patinho à sua direita!”

Para surpresa de todos, o patinho que sobrou é o... rosa. “Bravo, bravo”, grita a plateia.

Como Merlin executou seu truque? Será que havia... um furo imperceptível na venda? Mas ele estava de costas... Espelhos no palco? Vejamos o que se passou.

Imagine que, inicialmente, os patinhos estão ‘sentados’ em cadeiras de cores alternadas

– digamos, branca, preta, branca e preta, começando da esquerda. O patinho rosa (3ª posição) estará, portanto, sentado em uma cadeira branca.

Agora, note que, na primeira transposição, ele passará para uma cadeira preta; na segunda, para uma cadeira branca. E assim por diante. Ao fim de cinco transposições, estará em uma cadeira preta, independentemente das escolhas de Vivi. Desde que o número de transposições seja ímpar, o patinho escolhido sempre trocará a cor da cadeira.

Na primeira vez que Merlin pede para retirar o patinho da esquerda, Vivi retirará um que está em uma cadeira branca. Portanto, não pode ser o patinho rosa, que está agora confortável e seguro em uma cadeira preta.

Após essa remoção, o patinho rosa estará necessariamente em uma das pontas da fila (direita ou esquerda), pois essas são as cadeiras pretas. Mais uma transposição e... Abracadabra! O patinho rosa será o patinho do meio. Retire o patinho da esquerda e o da direita, e sobrarão apenas o patinho escolhido.

Aplausos. Pedidos de bis. A plateia está em pé...

Merlin tira do bolso uma ‘bombinha’, arremessa no chão e some em meio à fumaça. Um letreiro luminoso desce sobre o palco. Nele se lê: “Viva a matemática!” **CH**

SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO Se o barbeiro se barbeia, ele faz a própria barba. Portanto, não ‘vai ao barbeiro’. Mas ele é o barbeiro! Mas, se ele não se barbeia, então, tem que ir ao barbeiro, que é ele mesmo. Ou seja, ele irá ao barbeiro, mas aí ele se barbeará. Contradição! Uma solução já proposta: basta que o barbeiro seja uma mulher...

FOTO: SHANNAN PACE/FREEMAGES

MARCO MORICONI

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

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



Seja um Amigo da Ciência

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

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

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



PARA PARTICIPAR LIGUE 0800 727 8999 OU

ESCREVA PARA CIENTISTA.ESCOLA@CIENCIAHOJE.ORG.BR

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

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