

CIÊNCIA HOJE

REVISTA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO CIÊNCIA HOJE

NÚMERO 343 | VOLUME 58 | DEZEMBRO 2016 | R\$ 10,95

CIÊNCIA PARA EDUCAÇÃO

Neurocientista fala da rede que criou voltada para a área

QUETAMINA

Anestésico pode ser alternativa para depressão resistente ao tratamento

QUILOMBOLAS

Comunidades do Vale do Ribeira permitem entender melhor esse segmento da sociedade

CÂNCER DE MAMA

Física e computação unidas contra a doença

LITERATURAHOJE

OS VENCEDORES DO NOBEL 1990-2014

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) • Maria Lucia Maciel (Instituto de Filosofia e Ciências Sociais/UFRJ)
Superintendente Executiva | Bianca Encarnação
Superintendente de Projetos Educacionais | Ricardo Madeira

CIÊNCIA HOJE

Editores Científicos | Ciências Humanas e Sociais – Maria Alice Rezende de Carvalho (Departamento de Sociologia e Política/PUC-Rio) e Ricardo Benzaquen de Araújo (Departamento de História/PUC-Rio) | Ciências Ambientais – Jean Remy Guimarães e Rodrigo Ornellas Meire (Instituto de Biofísica/UFRJ) e Vinicius Farjalla (Instituto de Biologia/UFRJ) | Ciências Exatas – Arthur Marques Moraes (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) | Ciências Biológicas – Andrea T. Da Poian e Franklin Rumjanek (Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ).

REDAÇÃO

Editora Executiva | Alicia Ivanissevich
Editor de Forma e Linguagem | Cássio Leite Vieira
Edição de Texto | Alicia Ivanissevich, Bianca Encarnação, Cássio Leite Vieira, e Thais Fernandes
Setor Internacional | Cássio Leite Vieira

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

Diretora de Arte | Cláudia 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. Constelação, 16, Conjunto Morada do Sol, Aleixo. CEP 69060-081 Manaus, AM. Tel.: (92) 3236-5326

PUBLICIDADE | Sandra Soares (gerente) | Rua Dr. Fabrício Vampré, 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) 3328-8046/99972-0741.

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

APOIO:

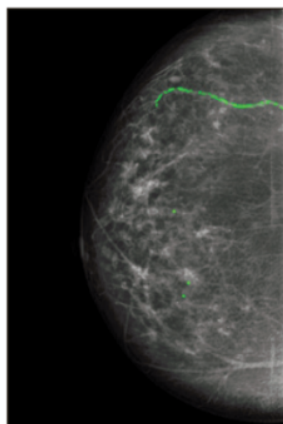


Na luta contra o câncer de mama

O câncer de mama é um sério problema de saúde pública no país: só em 2014 e 2015 foram registrados 57 mil novos casos, segundo o Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (Inca). Na luta contra a doença, a mamografia desempenha um papel fundamental por ser o diagnóstico mais precoce e eficaz disponível.

Entretanto, a imagem resultante desse exame radiológico aparece, não raramente, com problemas de nitidez – em geral, borrada ou ‘apagada’ –, dificultando o trabalho dos médicos, que devem ainda atentar para minúcias, como calcificações com diâmetros inferiores a 1 mm. Por isso, é natural a procura pelo aperfeiçoamento da técnica, dos equipamentos utilizados e da interpretação dos exames.

Nesse sentido, áreas como física, matemática e computação têm muito a contribuir, abrindo caminhos para melhorar a análise e o processamento de imagens digitais. O artigo de capa desta edição mostra os estudos que vêm sendo desenvolvidos no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas para aperfeiçoar cada vez mais as imagens mamográficas, ajudando a combater o segundo tipo de câncer mais comum entre mulheres, depois do de pele.



CAPA: FOTO ANDRÉ P. A. DE OLIVEIRA E MÁRCIO P. DE ALBUQUERQUE /CBPF

A redação

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

**COM NOVAS
TECNOLOGIAS,
GANHA-SE
TEMPO.
COM TEMPO,
NOVAS
TECNOLOGIAS
SÃO CRIADAS.**

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) acredita que o investimento em novas tecnologias é essencial para incrementar estudos e pesquisas brasileiras nas mais diversas áreas.

É isso que faz com que nosso país figure cada vez mais no mapa de grandes descobertas.

PRINCIPAIS INVESTIMENTOS EM TECNOLOGIA NO BRASIL

Publieditorial



NAVIO DE PESQUISA OCEANOGRÁFICA VITAL DE OLIVEIRA

Entre as cinco melhores plataformas de pesquisa hidroceanográfica do mundo, com equipamentos de alta precisão, incluindo um robô submarino que vai até 4 mil metros de profundidade.

LABORATÓRIO NACIONAL DE LUZ SÍNCROTRON – LNLS

Acelerador de partículas, funciona como um grande microscópio que permite a análise de diferentes materiais, como metais e células humanas. É considerado o maior projeto científico brasileiro de todos os tempos.

TORRE ATTO

Torre com 325 m de altura em plena Floresta Amazônica para monitorar as mudanças climáticas.



SUPERCOMPUTADOR SANTOS DUMONT




Mais potente da América Latina, o supercomputador é capaz de fazer um quatrilhão de operações matemáticas por segundo e acelerar os resultados de pesquisas brasileiras.



SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO

Satélite de defesa e comunicações estratégicas para universalização da banda larga no Brasil, garantia da soberania e segurança nas comunicações estratégicas do nosso país.

CONHEÇA NOSSAS REDES

 mctic  @mctic  @mctic.gov.br

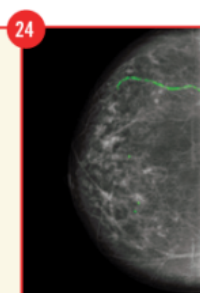
MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES


CIÊNCIAHOJE | 343 | DEZEMBRO 2016 | 3

CH ON-LINE	5	
O LEITOR PERGUNTA	6	O que é antropologia ecológica? A acupuntura tem efeitos cientificamente comprovados?
ENTREVISTA	8	ROBERTO LENT CIÊNCIA PARA EDUCAÇÃO Neurocientista fala da rede que criou para embasar políticas públicas na área
MUNDO DE CIÊNCIA	12	PRÊMIO NOBEL 2016
	12	FÍSICA FASES TOPOLÓGICAS DA MATÉRIA Descoberta permitiu unir áreas distintas, bem como teoria e experimento
	14	ECONOMIA ANÁLISE ECONÔMICA DE CONTRATOS Inovadora abordagem no exame de prejuízos e benefícios para empresas
	16	FISIOLOGIA OU MEDICINA COMER A SIM MESMO PARA SOBREVIVER Identificação de genes envolvidos na autofagia levou ao entendimento de processos celulares importantes
	18	QUÍMICA NANOMÁQUINAS: DESAFIOS EM NÍVEL MOLECULAR Dispositivos prometem aplicações em diversas áreas
	20	LITERATURA O CURINGA DO LIVRO E DA CANÇÃO Reconhecimento para um artista multifacetado
	22	PAZ PAZ DESEJADA: TÃO PERTO, TÃO DISTANTE Estímulo à continuidade de um difícil trabalho

**FÍSICA E COMPUTAÇÃO
CONTRA O CÂNCER DE MAMA**

24 A física e a computação se uniram para aperfeiçoar a análise da mamografia. A sinergia dessas duas ciências pode auxiliar profissionais de saúde na busca por diagnósticos mais precisos para um dos mais preocupantes problemas de saúde pública da atualidade.
Por André Persechino Américo de Oliveira e Márcio Portes de Albuquerque



**QUILOMBOLAS NO
VALE DO RIBEIRA**

32 Forjadas no bojo de um Brasil escravocrata, as comunidades remanescentes de quilombos compõem a rica diversidade étnica e sociocultural que define a nossa sociedade hoje. Este caso bem documentado pode revelar nuances da formação histórica desses grupos.
Por Helbert Medeiros Prado

QUETAMINA E DEPRESSÃO

38 Prevista para ser a doença mais prevalente no mundo até 2020, a depressão afeta hoje 350 milhões de pessoas no mundo. Estima-se que 21% dos pacientes que sofrem do transtorno apresentam depressão resistente ao tratamento (DRT). Na busca por medicamentos que ajudem a tratar esses casos, desponta a quetamina.
Por Michelle N Levitan, Jose Carlos Appolinario e Antonio Egidio Nardi

**NOVAS FRONTEIRAS DA
TEORIA DA EVOLUÇÃO**

44 A noção de evolução que temos hoje uniu a teoria darwiniana à genética mendeliana. Desde então, outros mecanismos evolutivos foram descobertos. As propostas de sua sistematização, entretanto, deixam de lado alguns processos.
Por Rafael Rios Moura, Luiz Filipe de Macedo Bartoletti e Vinícius L. G. Brito



**DESEMARANHANDO
A COLINA DE DARWIN**

50 Na fictícia lua Pandora, do premiado filme *Avatar*, seres vivos das mais variadas espécies conectavam-se uns aos outros por meio de cabos biológicos. O mundo real não é muito diferente disso. A ciência está começando a desemaranhar a teia da vida e a entender como ela influencia desde colheitas até doenças.
Por Marco Aurelio Ribeiro Mello

PELO BRASIL	58	
OPINIÃO	60	A CAÇA E O MANEJO DE ESPÉCIES Conservação vai além das leis e unidades específicas
CRÍTICA	64	UM DESASTRE ROMANCEADO Filme <i>Horizonte profundo</i> perde a oportunidade de tocar em questões políticas e ambientais cruciais
ENSAIO	66	DIVIDINDO MILHO, FEIJÃO E ARROZ Algoritmo da divisão pode ser ensinado de forma lúdica com cereais
A PROPÓSITO	69	O LIMITE DA VIDA Em breve, o meio nos permitirá saber qual o tempo de vida da espécie humana
RESENHA	70	CIÊNCIA SUPERLATIVA Resenha do livro <i>O universo em suas mãos</i> , de Cristophe Galfard
CIDADE INTEIRA	71	OS MINISTROS E O NEGÓCIO No caminho obscuro da lei, prosperam indefinições que enriquecem incorporadores imobiliários e agentes públicos
MEMÓRIA	72	SOBRE A NATUREZA DA LUZ Há 200 anos, nascia um princípio que ampliaria a aceitação de que a luz tem uma natureza ondulatória
EXATAMENTE	75	A CIÊNCIA DA CONSCIÊNCIA A física que rege a mente deve ser bem conhecida
CARTAS	76	
QUAL O PROBLEMA?	77	NOEL E SUAS PORTAS O desafio deste ano do bom velhinho é sobre portas que se abrem e se fecham

NOTÍCIAS

GALERIA

ENTREVISTA

VÍDEO



FOTO: PIMABAY - CCO PUBLIC DOMAIN

NEUROCIÊNCIA > Estudo da demência > Vencedora do prêmio Para Mulheres na Ciência, uma iniciativa da L'Oréal em parceria com a Unesco e a Academia Brasileira de Ciências, apresenta uma síntese da sua pesquisa.

> http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4897/n/estudo_da_demencia



FOTO: PIMABAY - CCO

COLUNAS > <http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4898/n/detalhes>

LINGÜÍSTICA > Detalhes? > Procedem ou não as críticas à expressão 'para mim fazer'?

BLOGUE > http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4903/n/matematica_em_essencia

MATEMÁTICA > Matemática em essência > Vencedora do prêmio Para Mulheres na Ciência – iniciativa da L'Oréal em parceria com a Unesco e a Academia Brasileira de Ciências – apresenta a grande área em que se insere a sua pesquisa.

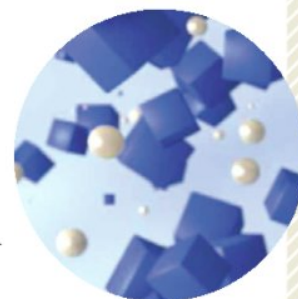


IMAGEM: PIMABAY - CCO



FOTO: JOHN DUFFY/CC BY 2.0

COLUNAS > http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4895/n/uma_nova_batalha_indigena

ANTROPOLOGIA > Uma nova batalha indígena > Construção de oleoduto nos Estados Unidos ameaça território sagrado dos povos Sioux e dá início a movimento de resistência que já reúne milhares de pessoas.

BLOGUE > http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4900/n/simulacao_na_formacao_profissional

TECNOLOGIA > Simulação na formação profissional > As indústrias passam por um processo de transformação tão significativo que é considerado uma Nova Revolução Industrial. E como os profissionais podem se preparar para essa revolução? A resposta está nos simuladores.



IMAGEM: DIVULGAÇÃO



FOTO: PIMABAY - CCO

COLUNAS > http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4904/n/novos_rumos

FÍSICA > Novos rumos > O físico Carlos Alberto dos Santos estreia nova coluna, em que busca aproximar do ambiente escolar conhecimentos gerados na universidade e reflete sobre questões capazes de inspirar iniciativas para o ensino de ciências.

e muito mais >>>

Acompanhe a CH On-line também no

facebook

twitter

YouTube

tumblr

PEDRO LEÃO, POR CORREIO ELETRÔNICO

O que é e com que trabalha a antropologia ecológica?

A ANTROPOLOGIA ECOLÓGICA é a área da antropologia que estuda a relação entre as populações humanas e o ambiente biofísico no qual vivem. Ou, adotando uma definição mais ampla, a área estuda de que forma as diferentes populações, de um lado, encontram respostas aos diferentes problemas apresentados pelo ambiente, e, do outro, asseguraram com as práticas e as crenças culturais a conservação e a transformação do meio em que vivem.

Conceitualmente, o estudo da interação dos humanos com o ambiente é antigo — os historiadores gregos e romanos já destacavam o impacto das condições ambientais sobre as sociedades, e essa postura crítica continua na historiografia ocidental. A consolidação da antropologia ecológica como disciplina autônoma se deu a partir dos anos 1960, sob a influência do antropólogo norte-americano Julian Steward (1902-1972), editor da grande resenha da antropologia da América do Sul, reunida nos sete volumes do *Handbook of South American Indians* e lançada na década de 1940.

A primeira aplicação da antropologia ecológica se deu, portanto, no estudo das populações nativas, principalmente das Américas, encontrando ampla aplicação no estudo das comunidades amazônicas nativas e caboclas.

Do ponto de vista profissional, uma aplicação importante dos antropólogos ecológicos se encontra, assim, no estudo das comunidades rurais e no impacto das grandes obras sobre o ambiente e sobre as populações.

Orientada, inicialmente, ao estudo das sociedades 'primitivas', a antropologia ecológica ganhou áreas de

estudo mais amplas, unindo-se, por exemplo, à arqueologia, no estudo das sociedades desaparecidas; à ecologia histórica, no estudo das transformações dos territórios por intervenção do homem; e ao modelo da capacidade de suporte de uma população sobre um território.

Atualmente, com a crescente preocupação sobre o ambiente e de sustentabilidade, a antropologia ecológica inicialmente desenvolvida para estudo de comunidades primitivas, relevou-se fundamental para entender melhor a sociedade 'civilizada', com seus riscos e sua 'insustentabilidade'. Dessa forma, uma disciplina que parecia confinada ao estudo de sociedades primitivas é hoje um importante instrumento para entender os atuais problemas de nossa civilização, que se apresenta como uma imensa área de trabalho.

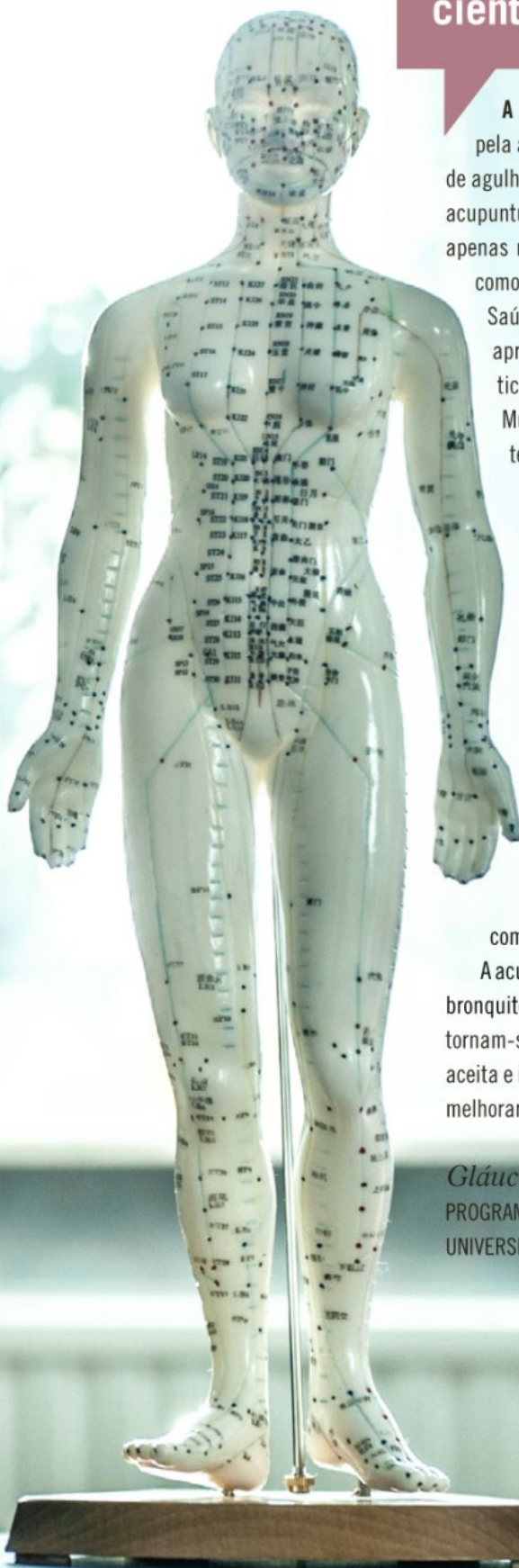
Uma boa resenha da origem e da evolução da antropologia ecológica pode ser encontrada na obra do antropólogo brasileiro Walter Neves (*Antropologia ecológica: um olhar materialista sobre as sociedades humanas*, São Paulo, Cortez, 2002). O trabalho do cubano Emilio Moran, da Universidade de Indiana (EUA), oferece um amplo panorama das aplicações dessa disciplina (*Adaptabilidade humana. Uma introdução à antropologia ecológica*, Edusp, São Paulo, 2003).

Alessandro Barghini

MUSEU DE ARQUEOLOGIA E ETNOLOGIA,
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

SIMONE OLIVEIRA, POR CORREIO ELETRÔNICO

A acupuntura tem efeitos cientificamente comprovados?



A ACUPUNTURA visa ao tratamento e à cura de enfermidades pela aplicação de estímulos através da pele, por meio da inserção de agulhas em pontos específicos do corpo, os 'acupontos'. Embora a acupuntura seja usada na medicina chinesa há mais de 2 mil anos, apenas mais recentemente ela foi aceita na comunidade ocidental como método de tratamento. Em 1997, os Institutos Nacionais de Saúde (NIH), dos Estados Unidos, publicaram um documento que apresentava a acupuntura como parte das intervenções terapêuticas da medicina complementar. Além disso, a Organização Mundial de Saúde (OMS) reconhece atualmente a utilização da técnica para o tratamento de mais 40 tipos de doenças.

Ainda que a acupuntura tenha se demonstrado eficaz em diversas situações, a carência de conhecimentos cientificamente embasados tem restringido a sua aplicação terapêutica. Assim, com o intuito de explicar o funcionamento e comprovar sua eficácia, o número de trabalhos científicos vem aumentando de forma considerável nos últimos anos.

Resultados de vários estudos demonstram que os acupontos se localizam em sítios muito vascularizados, com maior densidade de terminações nervosas e de células do sistema imunológico. A estimulação desses acupontos tem sido associada à ativação e/ou inibição de diversas áreas do cérebro, bem como, à liberação de substâncias como noradrenalina, endorfinas e serotonina pelo sistema nervoso, com ações em vários tecidos do organismo.

A acupuntura é indicada no tratamento de diversas doenças, como bronquites e enxaquecas. Portanto, avanços na pesquisa científica tornam-se cada vez mais importantes para que a técnica seja mais aceita e incorporada no dia a dia da prática clínica, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos pacientes.

Gláucia de Melo Reis

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MORFOLÓGICAS,
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CARTAS PARA A REDAÇÃO

Av. Venceslau Brás, 71 fundos I casa 27
CEP 22290-140 Rio de Janeiro I RJ
CORREIO ELETRÔNICO
cienciahoje@cienciahoje.org.br

ROBERTO LENT

CIÊNCIA PARA EDUCAÇÃO

Ninguém duvida das contribuições da ciência para a saúde: pesquisas melhoraram a expectativa de vida, reduziram a mortalidade infantil e permitiram desenvolver vacinas e medicamentos para prevenir e tratar inúmeras doenças. Mas seria possível usar o conhecimento científico para auxiliar a educação?

Com essa pergunta em mente, o neurocientista Roberto Lent, professor do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), ampliou sua linha de pesquisa e criou, no fim de 2014, a Rede Nacional de Ciência para a Educação (Rede CpE), junto com um grupo de colegas de vários estados e o apoio do Instituto Ayrton Senna. O objetivo da rede é justamente o que o seu nome propõe: o de reunir pesquisadores de todo o país para estudar de que forma a ciência pode facilitar, melhorar ou acelerar a educação.

Nesta entrevista, Lent, que é o coordenador da Rede CpE, fala sobre essa relação pouco conhecida, sobre a plataforma digital que a rede acaba de lançar e sobre a necessidade de estabelecer uma política pública de fomento à ciência inspirada no uso social da educação.

ALICIA IVANISSEVICH | CIÊNCIA HOJE | RJ



FOTO: ACERVO PESSOAL

Por que criar uma rede de ciência para a educação? O primeiro raciocínio seria perguntar por que ciência para educação. Uma parte da resposta é repetir o que a ciência já faz há décadas na área da saúde com resultados muito bons: a mortalidade infantil caiu no mundo inteiro, o controle das doenças infectocontagiosas melhorou, a expectativa de vida aumentou. Então, apesar das dificuldades sociais de cada país, essa melhora se deu em parte porque as políticas públicas de saúde se baseiam na ciência, inclusive no Brasil. Existem vacinas, por exemplo, que eliminam parte das doenças infecciosas e que foram obtidas por meio da pesquisa. A melhora na qualidade de vida também se deve à pesquisa científica. Então, nessa área, existe o que se chama pesquisa translacional para a saúde, e os organismos que fomentam a pesquisa criam editais direcionados para isso: um edital para a zika, outro para a hanseníase, outro para o câncer etc. Então, já está incorporado na cultura de

fomento à ciência que ela é importante para a saúde. Mas a ciência também é importante para a educação, embora isso não tenha sido descoberto pela maioria dos países, inclusive os grandes. Eles estão começando a perceber que se pode embasar uma política pública de educação com a ciência.

Já existe algum país que siga essa linha? Sim, mas de forma ainda muito dispersa. E por isso é importante que o Brasil entre nessa corrida agora, junto com o mundo. Se não atentarmos para isso agora, passados 10 anos, ficaremos para trás. Nos Estados Unidos, a Fundação Nacional de Ciência [NSF, na sigla em inglês] tem um programa estruturante, que começou há 10 anos, de Science of Learning Centers [Centros de Ciência da Aprendizagem] em seis universidades. A Austrália tem um centro como esses, Hong Kong [China] tem um, Xangai [China] tem um. A Europa, zero.

E de que forma a ciência poderia contribuir com a educação? Um exemplo: o governo brasileiro fez uma medida provisória para mudar o ensino médio e, na primeira versão, tirou a educação física, provavelmente por considerar que a prática de exercícios físicos faz bem à saúde, embora pudesse nada ter a ver com a educação. Mas tem. A atividade física aumenta a neurogênese [formação de novos neurônios] e o volume do hipocampo [estrutura no cérebro envolvida na memória] e melhora o desempenho em várias tarefas de aprendizagem. Então, o exercício físico é um instrumento validado pela ciência – por uma imensa quantidade de trabalhos – para aprimorar, acelerar ou facilitar a aprendizagem. Então, a educação física tem que estar na escola por razões educacionais, e não apenas de saúde.

Há outros exemplos, como o do sono. Em torno de 10% da população acordam muito cedo; os outros 90% acordam naturalmente mais tarde. No entanto, as escolas começam a funcionar às 7h ou 7h30 da manhã. A criança muitas vezes tem que acordar às 5h30, pegar uma condução para ir à escola, que geralmente é longe, e, com muito sono, se torna incapaz de aprender. Então, uma recomendação de política pública baseada na cronobiologia, que estuda os ciclos de sono e vigília, é que a escola comece suas atividades uma hora mais tarde, às 8h30 ou 9h, de modo a dar tempo a 90% dos alunos a ajustarem seu ciclo para estudar em condições melhores.

Esses são apenas dois exemplos de como se podem elaborar políticas educacionais com base na ciência; fora a questão da avaliação do aprendizado.

Como seriam feitas essas pesquisas? O modelo é o mesmo da pesquisa translacional para a saúde. Propõe-se uma intervenção qualquer com base em dados da ciência, como o caso do sono. Aí tem que avaliar se faz bem ou mal. Será que faz mal? Essa seria a Fase 1 da pesquisa. Se se conclui que não faz mal, passa-se para a Fase 2: será que faz bem? Então, estuda-se um pequeno grupo para ver os efeitos de começar as aulas mais tarde. Se faz bem, parte-se para a Fase 3: isso funciona com grandes grupos? Será preciso fazer um estudo multicêntrico para saber se o efeito é o mesmo em Hong Kong ou no Rio de Janeiro. Funciona igual para meninos e meninas, pobres e ricos? Assim, utiliza-se um conjunto seriado de testes como os ensaios clínicos para medicamentos; daí se conclui se o sono melhora o aprendizado de x% nas situações y etc. É esse tipo de modelo de pesquisa que queremos estimular quando falamos em “ciência para educação”.

Quando surgiu então a ideia da rede? A ideia surgiu quando Jorge Guimarães, então presidente da Capes [Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior] me pediu para representar a entidade num evento em Xangai sobre Science of Learning, que ocorreu em março de 2014. Esse encontro me abriu o horizonte e descobri que queria fazer isso o resto da minha carreira, sem necessariamente mudar a minha linha de pesquisa, mas adaptando-a para a área de educação. Então, em novembro daquele ano, criamos a rede. Reunimos umas 15 a 20 pessoas de diferentes áreas na UFRJ, e tivemos o apoio do Instituto Ayrton Senna desde o início. Vieram algumas pessoas de São Paulo, veio o Sidarta Ribeiro, do Instituto do Cérebro, de Natal, fomos recrutando pesquisadores interessados.

Logo surgiu a pergunta “quem somos?”, e descobrimos que não sabíamos. Eu, por exemplo, sou médico de formação e trabalho com neuroplasticidade [capacidade do cérebro de se adaptar ao ambiente], com pessoas amputadas, com transtornos de desenvolvimento cerebral e também com zika. Ou seja, sempre estive ligado à área de saúde. Mas não tinha me dado conta até aquele momento de que a neuroplasticidade tem tudo a ver com educa-

>>>

HOJE, SÃO LANÇADOS COM FREQUÊNCIA DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS QUE SE DIZEM EXCELENTE PARA A EDUCAÇÃO, MAS NÃO HÁ TESTES QUE CONFIRMEM ESSAS ALEGAÇÕES. NA SAÚDE, NÃO SE PODE LANÇAR UM MEDICAMENTO NOVO NO MERCADO SEM TER PASSADO POR TODAS AS FASES DE PESQUISA. O MESMO NÃO ACONTECE COM A EDUCAÇÃO

ção. Como não há essa tradição de ciência voltada para a educação, surgiu a ideia de fazer um censo. Rastreamos aqui e ali, descobrimos um cientista da computação peruano, Jesús Mena Chalco, professor da Universidade Federal do ABC, que desenvolveu um programa de mineração de dados na Plataforma Lattes e no banco de teses da Capes chamado ScriptLattes. Então, a Daniele Botaro, orientada por mim durante seu pós-doutorado, desenvolveu com ele uma nova plataforma cujo objetivo inicial era saber quem somos.

É essa plataforma digital que acaba de ser lançada, não é? E em que consiste? A ideia é descobrir quem faz algum tipo de ciência – pessoas de todas as áreas do conhecimento – que pode impactar a educação no Brasil. Um primeiro levantamento apontou 27 mil currículos. Então, fomos usando filtros, como palavras-chave e idade acadêmica – intervalo entre o primeiro artigo registrado no Lattes e o mais recente. Decidimos que queríamos pessoas com uma idade acadêmica não muito extensa (que estão no fim da carreira), mas também que não fossem iniciantes. Depois, filtramos por número de orientandos e fomos reduzindo para 7 mil, mais tarde para 2 mil currículos, até chegarmos a 200 nomes de pesquisadores 1A, 1B ou 1C [considerados os mais produtivos] do CNPq [Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico], com experiência de orientação de teses, com uma idade acadêmica intermediária. Convidamos então esses pesquisadores para fazerem parte da rede e boa parte aceitou. Temos agora 82 pesquisadores (fonoaudiólogos, fisioterapeutas, educadores, economistas, cientistas da computação, tecnólogos digitais, neurocientistas, entre outros), cujo trabalho tem alguma palavra-chave ligada à educação – seja alfabetização, dislexia, autismo, discalculia, exercícios físicos etc.

Então, decidimos transformar esse censo (o conjunto inicial de 27 mil nomes) em uma plataforma

de uso aberto. Se você quer saber quem trabalha no Brasil com dislexia, por exemplo, a plataforma fornece uma lista de pessoas que, em suas publicações, tem a palavra (ou a raiz) ‘dislexia’. Clicando num determinado nome, vai aparecer um grafo (um gráfico de rede), que mostra as conexões e colaborações desse pesquisador, os artigos que publicou, as pesquisas que desenvolve etc. O desenho da plataforma foi feito por uma pequena empresa, chamada Capi-tu. E o ScriptLattes atualiza esses 27 mil nomes a cada seis meses. Então, o usuário vai ter uma ferramenta de busca razoavelmente atualizada. Acreditamos que ela possa ser útil também para agências de fomento, para, por exemplo, avaliar qual a massa crítica que existe no país sobre um determinado tema e assim lançar um edital. Ou para um jornalista que quer saber qual o pesquisador mais próximo de sua cidade que está mais relacionado com determinado assunto; ou um aluno que quer achar um orientador na sua linha de pesquisa. Então, são diversos os usos que a plataforma permite.

Existe a ideia de vincular o trabalho feito no laboratório à sala de aula? Essa ponte que pretendem construir é de mão dupla? Esse é o maior desafio. Tem que ser de mão dupla, mas ainda não é. Um primeiro passo para estimular isso é o Encontro Nacional de Cientistas e Educadores, que ocorreu no Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro, nos dias 9 e 10 de dezembro. Já fizemos cinco encontros regionais em São Paulo, Rio, Florianópolis, Porto Alegre e Natal, em que a pergunta central formulada aos professores e gestores educacionais era: no seu ponto de vista, quais são os gargalos na educação que podem ser iluminados pela ciência de algum modo? A primeira reação é pensar em anomalias, como as dificuldades de aprendizado de alunos autistas ou disléxicos. Mas será que poderíamos desenvolver tecnologias que ajudem a alfabetização infantil? Podemos. Em Israel, por exemplo, foi patenteado um programa de computador que é um acelerador de

leitura, criado inicialmente para auxiliar disléxicos. O programa conseguiu que esses alunos lessem com a mesma facilidade dos alunos que não têm esse problema. Estes, por sua vez, também melhoraram a leitura, superando os disléxicos novamente.

Esse é um exemplo de como a tecnologia pode auxiliar a educação. Mas ela pode também ser prejudicial? Vejamos o caso dos videogames. Eles são bons ou ruins? É necessário fazer um estudo de tipo epidemiológico dos videogames e dos celulares para entender qual é o real impacto deles. Hoje, são lançados com frequência dispositivos tecnológicos que se dizem excelentes para a educação, mas não há testes que confirmem essas alegações. Na saúde, não se pode lançar um medicamento novo no mercado sem ter passado por todas as fases de pesquisa. O mesmo não acontece com a educação. Então, costumamos ver verdadeiras aberrações oferecidas no mercado como panaceias educacionais.

Qual o papel que a arte e a música têm no aprendizado? Há muita literatura sobre isso. A arte e a música são altamente motivacionais. Tem um trabalho que mostra que, se pegarmos um grupo de alunos em torno de 10 anos de idade que, antes da aula de matemática, tem aula de música, e o compararmos com outro grupo que não tem música, o desempenho do primeiro grupo em matemática é muito melhor. Há uma explicação neurocientífica para isso, que se chama plasticidade transmodal – se a criança aprende a controlar seu foco de atenção com a música, que é em geral algo prazeroso, ela transfere essa concentração para o aprendizado da matemática. Esse estado de maravilhamento que a arte proporciona pode ajudar muito no aprendizado da criança.


Que mitos na educação podem ser derrubados com o conhecimento que temos hoje? O que a ciência sabe sobre o aprendizado? Não sei dizer, mas esses são todos temas de pesquisa. Os exemplos que dei até agora estão baseados em muita literatura científica. A rede preparou quatro documentos temáticos, que foram lançados no encontro do Museu do Amanhã, para orientar as discussões: um sobre fatores fisiológicos (desnutrição, obesidade, exercício físico, sono) que influem na aprendizagem; outro sobre alfabetização infantil e fluência de leitura; um terceiro sobre deficientes e

superdotados; e um quarto sobre competências socio-emocionais (como a emoção e a motivação influem sobre a aprendizagem). No final de cada documento, há sugestões para o gestor de políticas públicas e sugestões de pesquisa, ou seja, o que a gente precisa saber e o que podemos fazer com o que já se sabe.

E quais são as outras conquistas ou os avanços da rede nestes dois anos desde que foi criada? Outra iniciativa da rede é o lançamento, no ano que vem, do livro *Ciência da Educação: Um diálogo da ciência com a educação*, a ser publicado pela editora Atheneu. Também reúne textos de revisão de temas como os já citados. Um dos capítulos, por exemplo, chama-se ‘Máquinas que ensinam’, outro se chama ‘Máquinas que aprendem’. A ideia é especular como seria a sala de aula do futuro. Teria carteiras? Teria uma sede física? Usaria apenas celulares? Seria inteiramente interativa? Investigar essas questões com base no que a ciência desenvolveu e sabe sobre isso.

Temos também um projeto, que está sendo analisado no BNDES [Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social], que é nosso sonho dourado. A ideia é criar na Ilha do Fundão [na UFRJ], num prédio novo que está sendo construído, um Centro Nacional de Ciência para Educação, que funcionaria como o LNLS [Laboratório Nacional de Luz Síncrotron], em Campinas [SP], onde pesquisadores de todo o país fazem uso da infraestrutura do laboratório. Teria um espaço com equipamentos de neuroimagem, de registros fisiológicos, tecnologias digitais etc. para os diferentes usuários conduzirem seus experimentos. Por exemplo, haveria uma minissala de aula para crianças, com uma parede de vidro espelhado, pela qual elas pudessem ser observadas sem perceber. Então, poderíamos registrar e filmar, por exemplo, a sincronia cerebral entre uma criança e seu/sua professor/a, usando toucas com eletrodos sem fio.

As possibilidades são muitas.

Como transformar o conhecimento sobre educação em políticas públicas eficazes? Justamente a proposta da rede é estimular a criação de uma política pública de fomento à ciência inspirada no uso social da educação. Nossa ideia é convencer o gestor público que essa é uma alternativa importante e que é preciso olhar para ela. 



Ciência e arte, não raramente, parecem habitar um universo etéreo e paralelo ao nosso. No entanto, este ano, os temas do Nobel aproximaram essas duas culturas do mundo real, das coisas e tarefas do dia a dia.

Na categoria Física, responsabilidade da Real Academia Sueca de Ciências (RASC), premiou-se um campo que, apesar de novo e promissor, já tem aplicações em tópicos relacionados ao comércio entre as nações. Na Química, as nanomáquinas estão presentes em fármacos, sensores, dispositivos eletrônicos, por exemplo.

Essa relação com o 'mundo real' fica escancarada na categoria Economia, também responsabilidade da RASC: contratos.

A categoria Fisiologia ou Medicina, a cargo do Instituto Karolinska, contemplou um tipo de 'autocanibalismo' celular que está na origem de vários quadros que são hoje temas preocupantes da saúde pública mundial: câncer, diabetes, Alzheimer e Parkinson.

O Nobel da Paz, indicado pelo Comitê Norueguês, parece ter oferecido um 'voto de confiança' a um processo complexo, árduo e, provavelmente, ainda longo: a paz (possível) na Colômbia.

A poesia está longe de ser um fenômeno de massa. Mas, em conjunção com a música, esse tipo de literatura atinge milhões mundo afora. Esse é o caso do multifacetado Bob Dylan, único artista até agora a ganhar um Grammy, um Oscar e um Nobel.

Nas próximas páginas, estão comentários e comentaristas do mais alto nível — algo que, no Brasil, só uma publicação como a *Ciência Hoje*, com seus quase 35 anos de vida, é capaz de oferecer ao grande público.

Boa leitura.

CÁSSIO LEITE VIEIRA | *Ciência Hoje* | RJ

PRÊMIO NOBEL 2016

FASES TOPOLÓGICAS DA MATÉRIA



A palavra topologia, oriunda do grego (*topos*, lugar; *logos*, estudo), passa a ideia de lugar, espaço, formas espaciais (esferas, cilindros, argolas, 'rosquinhas' etc.). Em matemática, estudamos a topologia das formas, reunindo-as em conjuntos de objetos com as características semelhantes, como a quantidade de buracos que eles contêm — esferas e cilindros maciços não contêm buracos; argolas e rosquinhas têm um deles no centro.

Já em física, o termo 'topologia' refere-se a um novo estado físico da matéria. Por exemplo, um material pode ser magnético (ímã), pode conduzir eletricidade, pode ser isolante e, recentemente, descobriu-se que ele também pode ser topológico.

FÍSICA

As complexas equações que descrevem o comportamento topológico da matéria também descrevem formas geométricas – como faz a topologia em matemática. Mas há uma diferença crucial: o formato real do material não altera em nada suas propriedades topológicas. Portanto, estas últimas ainda estarão presentes após quebrar, esticar ou torcer o material.

Para desmistificar o chamado ‘estado topológico da matéria’, é preciso dizer que ele mistura propriedades bem conhecidas da física do estado sólido (ou da matéria condensada), como a condutora, a isolante ou a supercondutora – nesta última, correntes elétricas não geram calor. Por exemplo, por mais contraditório que possa parecer, um material topológico pode conduzir eletricidade em sua superfície apenas porque seu interior é isolante – no caso, um isolante topológico.

Façamos uma analogia com uma das sobremesas mais conhecidas da culinária, o *petit gâteau*, bolinho sólido por fora e líquido por dentro. Imagine que não exista maneira de comer essas duas partes (exterior e interior) separadamente – não importa o que você faça, sempre haverá um pouco de ambas em sua colher. Nos materiais topológicos, ocorre algo semelhante: as propriedades condutora e isolante (exterior e interior) só existissem em comunhão.

Além disso, as correntes elétricas fluem pela superfície de um isolante topológico de um jeito bem especial: elas são quantizadas, ou seja, apresentam-se em quantidades bem definidas. É como se existissem várias correntes e elas não se misturassem, permitindo, assim, serem contadas (1, 2, 3 etc.), sendo que o número de correntes indica a fase topológica na qual esse material se encontra.

Voltemos ao nosso bolinho. Não basta trocarmos o sabor da massa, pois ele ainda será só mais um *petit gâteau*, ou seja, uma ‘casca’ sólida com um interior líquido. Mas podemos, digamos, inovar, usando duas camadas que não se misturam. Por exemplo, façamos a parte sólida mais espessa, agora com sabor de baunilha por dentro e de chocolate por fora – como um ‘Kinder ovo’, guloseima tão apreciada por crianças.

David J. Thouless | Nasceu em 1934, em Bearsden (Escócia). Formou-se em física no Winchester College (Reino Unido) e obteve seu doutorado (1958) na Universidade Cornell (EUA), onde teve como seu orientador o físico nuclear alemão Hans Bethe (1906-2005), prêmio Nobel de Física de 1967. É professor emérito da Universidade de Washington, em Seattle (EUA). Recebeu a Medalha Maxwell, do Instituto de Física (IOP), em 1973, e o Prêmio Lars Onsager, da Sociedade Americana de Física, em 2000.

Frederick Duncan M. Haldane | Nasceu em Londres (Inglaterra), em 1951. Formou-se em física na Universidade de Cambridge (Inglaterra), onde também fez seu doutorado (1978). É professor da Universidade de Princeton (EUA). Em 1993, recebeu o Prêmio Oliver E. Buckley de Matéria Condensada e, em 2012, a Medalha Dirac, do Centro Internacional de Física Teórica.

John Michael Kosterlitz | Nasceu em 1942, em Aberdeen (Escócia). Formou-se em física na Universidade de Cambridge (Inglaterra) e obteve seu doutorado (1969) na Universidade de Oxford (Inglaterra). É professor da Universidade Brown (EUA). Recebeu a Medalha Maxwell, em 1981, e o Prêmio Lars Onsager, em 2000.



FOTO © KILBURN HOWARD TERNITY HALL, CAMBRIDGE UNIVERSITY



FOTO PHYSICS PRINCETON.EDU



FOTO BROWN UNIVERSITY

Com isso, quando provarmos o novo bolinho, ainda teremos de tudo um pouco no pedaço que iremos comer (dois sabores por fora e líquido por dentro). Mas, agora, com uma diferença em relação ao nosso *petit gâteau* ‘antigo’: poderemos contar quantos sabores diferentes (no caso, dois) nossa sobremesa tem. De modo semelhante, podemos contar quantas correntes elétricas circulam nos materiais isolantes topológicos.

Caso nossas guloseimas fossem isolantes topológicos, a passagem de *petit gâteau* para ‘Kinder ovo’ seria o que os físicos denominam transição de fase topológica – fenômeno que também consta da justificativa da premiação deste ano. Em termos práticos, por exemplo, uma transição de fase topológica ocorre quando se observa que a quantidade (bem definida) de corrente elétrica na superfície de um isolante topológico é alterada.

A esta altura, vale dizer que esse novo estado da matéria já saltou das folhas de papel com cálculos para o cotidiano de muitos laboratórios do mundo – inclusive no Brasil.

Há um fenômeno bem conhecido do mundo quântico (aquele das dimensões atômicas e subatômicas) que põe em prática o comportamento topológico da matéria. É o chamado Efeito Hall Quântico (EHQ). Para entendê-lo, é preciso lembrar de conceitos básicos da física.

Em princípio, podemos aumentar ou diminuir, como quisermos, a intensidade da corrente elétrica que flui em um material condutor (fio de cobre, por exemplo). Mas, se o resfriarmos e o colocarmos sob o efeito de um campo magnético muito forte, observaremos que esse material não conduzirá mais corrente elétrica continuamente, mas, sim, quantizada, ou aos ‘saltos’. Tal efeito permite-nos – assim como nos iso-

>>>

lantes topológicos – contar essas correntes e determinar, com extrema precisão, valores de correntes e cargas elétricas.

Por isso, o EHQ – e, indiretamente, as propriedades topológicas da matéria que esse fenômeno apresenta – é usado para determinar, com alta precisão, valores de grandezas e constantes da física, em medições que são importantes não só para a ciência, mas também, por exemplo, para a metrologia científica, área essencial para o comércio mundial. Portanto, é física básica com aplicações tecnológicas e econômicas.

O estado topológico não é apenas a combinação da fase condutora, isolante ou supercondutora. É mais do que isso, pelo fato de dar origem a outras propriedades físicas bastante exóticas, como a chamada excitação de Majorana – referência ao físico teórico italiano Ettore Majorana (1906-1938), cujo desaparecimento é até hoje cercado de mistério.

Tais excitações de Majorana ganharam bastante atenção nos últimos anos. Elas fortalecem um sonho antigo dos cientistas, uma vez que suas propriedades são propícias para a criação de um computador quântico, máquina que promete ser muito mais rápida do que os mais velozes computadores atuais.

Esse fenômeno de Majorana – até então tratado como a manifestação de uma partícula – existia somente em outro campo de pesquisa da física, o de altas energias, no qual se estudam as partículas elementares (“indivisíveis”) e interações (“forças”) fundamentais da natureza. Agora, é tema também da física da matéria condensada, na qual deu origem ao estudo das propriedades topológicas da matéria.

Portanto, essa união entre áreas distintas, bem como entre teoria e experimento, foi mais um dos vários desdobramentos das contribuições dadas pelos três ganhadores do prêmio Nobel de Física deste ano: David Thouless, Duncan Haldane e Michael Kosterlitz.

THARNIER PUEL DE OLIVEIRA
 CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS (RJ)

PRÊMIO NOBEL 2016



ANÁLISE ECONÔMICA DE CONTRATOS

Oliver Hart e Bengt Holmström foram agraciados com o Nobel de Economia deste ano devido às suas contribuições para a teoria dos contratos. Tal justificativa pode soar insólita para o grande público. Afinal de contas, os contratos não são estudados pelos profissionais do direito? Faz sentido se atribuir um prêmio de economia a pessoas que estudaram contratos?

O primeiro questionamento tem uma resposta simples. A título de exemplo, considere um contrato de prestação de serviços de telefonia. Verificar se ele está em consonância com a legislação é tarefa para um advogado. Contudo, um problema distinto consiste em identificar se o contrato é capaz de induzir a companhia telefônica a prestar um serviço de qualidade. E esse é justamente um dos tipos de questões que os economistas estudam.

A segunda indagação é mais complexa. Sua análise requer a compreensão dos incentivos contidos em um contrato. Para os economistas, um incentivo é um

valor monetário ou algum outro fator capaz de motivar uma pessoa ou entidade a agir de uma forma específica. Por exemplo, o valor da diária é um incentivo para que um hotel aceite hospedar um viajante; uma potencial prisão é um incentivo para que um indivíduo não cometa um crime.

Considere duas lojas hipotéticas, A e B. Suponha que cada uma delas empregue 100 funcionários. Para aumentar as suas vendas, ambas alocam 10% de sua receita de venda para o pagamento de bônus para os vendedores. Porém, em A aqueles 10% são divididos igualmente entre os 100 empregados, ao passo que em B o funcionário responsável por uma venda receberá sozinho 10% do valor da transação.

Os incentivos de A são completamente distintos dos de B. Considere o que ocorrerá quando houver uma venda de R\$ 1 mil. Em B, o funcionário responsável pela venda receberá uma gratificação igual a 10% de R\$ 1 mil, o que corresponde a R\$ 100. Na loja A, a mesma venda gerará uma gratificação de R\$ 100, que será igualmente

ECONOMIA

Oliver Hart • Nasceu em 1948, em Londres (Inglaterra), mas é cidadão norte-americano. Formou-se em economia no King's College, em Cambridge (Inglaterra), e fez seu doutorado (1974) na Universidade Princeton (EUA). É professor da cátedra Andrew E. Furer de Economia na Universidade Harvard (EUA), onde leciona desde 1993.



FOTO: R. LINCOLN/HARVARD UNIVERSITY

Bengt Holmström • Nasceu em 1949, em Helsinque (Finlândia). Formou-se em matemática e ciências na Universidade de Helsinque (Finlândia) e obteve seu doutorado em economia (1975) na Universidade de Stanford (EUA). É professor da cátedra Paul A. Samuelson de Economia do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), nos EUA.



FOTO: MIT ECONOMICS



FOTO: GETTY IMAGES/ARND BRONKHORST

dividida entre os 100 funcionários. Dessa forma, o vendedor receberá apenas R\$ 1 de gratificação. Logo, o contrato de trabalho de B especifica incentivos muito mais eficazes do que o de A.

Em diversos artigos, alguns em coautoria com outros pesquisadores, Hart e Holmström prestaram relevantes contribuições para a teoria dos contratos. Por exemplo, Holmström mostrou como uma grande empresa deve elaborar o contrato de seu presidente (CEO). O objetivo dos acionistas é incentivar o CEO a perseguir um lucro elevado. Uma primeira tentativa consiste em estabelecer uma bonificação correspondente a uma porcentagem do lucro. Havendo prejuízo, a gratificação será nula.

Para receber uma gratificação, o CEO terá que fazer com que a empresa tenha lucro. Apesar disso, sob o ponto de vista dos acionistas tal contrato é insatisfatório. Por exemplo, suponha que ocorra uma forte recessão. Se o CEO acreditar que, independentemente do seu empenho, a empresa

terá um prejuízo no ano em curso, então, ele não terá nenhum incentivo a se empenhar. Porém, os acionistas gostariam que o CEO tentasse reduzir o prejuízo.

A solução de Holmström para tal problema consiste em atrelar a remuneração do CEO à lucratividade da empresa relativamente à lucratividade de empresas similares. Com essa regra, o executivo poderá receber um bônus mesmo em anos de recessão; para tanto, basta que a empresa tenha um prejuízo pequeno face às perdas de suas congêneres. Essa solução estabelece incentivos mais eficazes para atingir o objetivo de alinhar as ações do CEO com os interesses dos acionistas.

Entre as diversas contribuições de Hart, destaca-se sua inovadora abordagem daquele que é conhecido como o problema da integração vertical. Suponha que a empresa R produz o bem S. Será que ela deve comprar os navios que serão utilizados para transportar sua produção ou ela deve fretar os navios da transportadora T? Ou seja, será que a atividade econômica deve ser realizada por uma ou por várias firmas ao longo das várias etapas do processo produtivo?

Hart mostrou que a resposta depende da existência de investimentos específicos para a atividade em questão. Por exemplo, suponha que S seja um produto altamente perecível. Por esse motivo, para transportar S, um navio precisará de diversas mo-

dificações que dificultam consideravelmente o uso da embarcação para o transporte de outros bens. Se tais modificações forem feitas, T não terá como se opor a uma possível solicitação futura de R para reduzir o valor do frete. Afinal de contas, como o uso alternativo do navio é bastante restrito, o poder de barganha de T é praticamente nulo.

Evidentemente, o contrato pode especificar uma multa elevada caso R não honre o preço acordado. Porém, isso criará um risco excessivamente alto para R. Por exemplo, é natural que essa empresa tente renegociar os contratos com todos seus prestadores de serviços se ela for afetada por uma forte recessão. Dessa forma, a necessidade de adaptar os navios inviabiliza que se elabore um contrato que atenda simultaneamente os interesses de R e T. Assim sendo, R precisará ter seus próprios navios, ocorrendo, assim, a integração entre produção e transporte do bem S.

Definitivamente, Hart e Holmström tiveram contribuições fundamentais para a compreensão dos aspectos econômicos dos contratos e seus incentivos. Eles certamente merecem fazer parte da seleta lista dos cientistas agraciados com o Prêmio Nobel de Economia.

ALEXANDRE B. CUNHA
INSTITUTO DE ECONOMIA,
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

COMER A SIM MESMO PARA SOBREVIVER

A capacidade que as células com núcleo (eucarióticas) possuem de degradar e reciclar partes de seu próprio conteúdo é de fundamental importância para sua sobrevivência. Esse processo – denominado autofagia (do grego, *auto* = si mesmo; *phagein* = comer) – permite que a célula disponha de uma fonte de energia rápida e de componentes importantes para renovar diversas estruturas, sendo particularmente importante em situações de privação nutricional e de estresse.

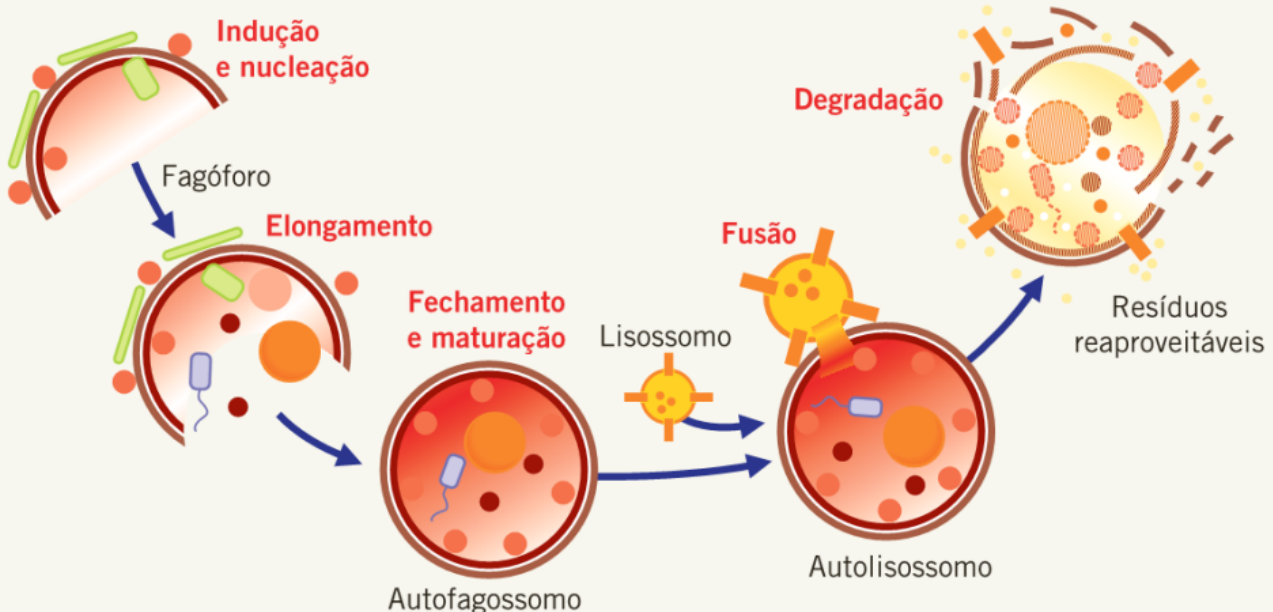
A autofagia começa com o surgimento de uma estrutura em forma de cuia, o fagóforo, composta por diversas proteínas. Em seguida, essa estrutura se fecha em torno de materiais celulares presentes no citoplasma e que devem ser degradados, formando o autofagossomo. Este então se funde com um lisossomo, responsável por essa degradação, e os resíduos podem ser reaproveitados pela célula

Os trabalhos de Yoshinori Ohsumi, ganhador do Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina deste ano, ao identificar os genes envolvidos no processo de autofagia, permitiram que milhares de estudos publicados posteriormente demonstrassem seu papel crucial em diversos contextos celulares. Por exemplo, no desenvolvimento e na diferenciação celular na formação do embrião (embriogênese); na eliminação de organelas ('compartimentos' celulares) danificadas, bem como agregados de proteínas cuja presença está associada ao envelhecimento e a doenças neurodegenerativas; e na eliminação de bactérias e vírus intracelulares nos processos infecciosos. Em conjunto, esses estudos evidenciaram a importância da autofagia para a manutenção da viabilidade celular e o desenvolvimento de organismos.

O bioquímico belga Christian de Duve (1917-2013) – que ganharia o Nobel de Fisiologia ou Medicina de 1974, pela desco-

berta do lisossomo, principal organela celular especializada em digestão de proteínas, lipídeos (gorduras) e carboidratos – foi o primeiro a usar, em 1963, o termo 'autofagia' para descrever vesículas formadas por membranas duplas que englobavam, por exemplo, diversas organelas em diferentes estágios de degradação. Justamente por serem responsáveis pela digestão de estruturas da própria célula foram denominados 'autofagossomos'.

Entre as décadas de 1950 e 1980, de Duve, o médico norte-americano Sam Clark Jr. (1926-2012) e o biólogo de origem ucraniana Alex Novikoff (1913-1987) investigaram intensamente o processo de autofagia, descrevendo em detalhes todas as alterações morfológicas que ocorrem nesse processo até a fusão dos autofagossomos com lisossomos – estes últimos contêm as enzimas capazes de degradar o conteúdo dos primeiros. Ao final do processo, as macromoléculas resultantes da digestão voltam



FISIOLOGIA OU MEDICINA

Yoshinori Ohsumi • Nasceu em 1945, em Fukuoka (Japão). Formou-se em biologia na Universidade de Tóquio (Japão), onde também fez seu doutorado (1974). É professor e pesquisador do Instituto de Tecnologia de Tóquio (Japão), onde atualmente dirige a Unidade de Pesquisa em Biologia Celular.



FOTO: M. HONDA

para o citoplasma (espaço intracelular onde se encontram as organelas), no qual podem ser reutilizadas para formação de novas moléculas.

Entretanto, foi só no final da década de 1990 que o estudo da autofagia passou da observação do fenômeno para a compreensão de como esse processo é induzido e regulado em nível molecular. Usando leveduras como ferramenta, Ohsumi não só demonstrou que a autofagia é um mecanismo conservado e presente em diferentes espécies de organismos, mas também identificou o gene ATG1, essencial para a formação dos autofagossomos.

Em seguida, o grupo de Ohsumi demonstrou que o sofisticado maquinário autofágico e todo o processo de formação de autofagossomos são muito semelhantes em leveduras e células de mamíferos, identificando os primeiros genes relacionados à autofagia em mamíferos, ATG5 e ATG12. Além disso, ele e sua equipe identificaram a proteína LC3 em mamíferos (homóloga à Atg8 de leveduras), fundamental para a formação de autofagossomos.

Em conjunto, essas descobertas permitiram a geração de novas ferramentas e estratégias para estudar de forma mais aprofundada a autofagia, incluindo animais deficientes em proteínas essenciais a esse processo.

Esses avanços permitiram a associação entre defeitos no processo autofágico e uma série de doenças humanas, como câncer, diabetes do tipo 2, mal de Alzheimer, doença de Huntington, mal de Parkinson, bem como outros quadros observados principalmente em pessoas idosas, já que

a atividade autofágica diminui com o tempo, o que também está associado ao envelhecimento. Uma nova geração de estudos agora investiga intensamente drogas capazes de modular a autofagia para o tratamento de diversas doenças.

Embora a autofagia tenha sido descrita há mais de 50 anos, foram os estudos dos grupos de Ohsumi e de outros pesquisadores, como o biólogo norte-americano Daniel Klionsky, que permitiram a compreensão de seu complexo mecanismo de formação e regulação e, conseqüentemente, de sua importância na saúde e na doença.

É importante ressaltar o caráter de pesquisa básica desses estudos, que não tinham como objetivo primordial o desenvolvimento imediato de remédios ou terapias para doenças e nem geração de produtos de apelo comercial, mas, sim, a compreensão de um mecanismo importante para o funcionamento das células. A elucidação desse mecanismo, agora, nos permite estudá-lo no contexto de diversas patologias e pensar em novas estratégias terapêuticas.

LETICIA A. M. CARNEIRO

INSTITUTO DE MICROBIOLOGIA PAULO DE GÓES,
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

LEONARDO H. TRAVASSOS

INSTITUTO DE BIOFÍSICA CARLOS CHAGAS FILHO,
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Visite nossa LOJA VIRTUAL



O CONHECIMENTO EM UM CLIQUE!



Publicações
para todos os
gostos e idades!



| www.cienciahoje.org.br |

| <http://lojavirtualich.org.br/> |

PRÊMIO NOBEL 2016

NANOMÁQUINAS: DESAFIOS EM NÍVEL MOLECULAR

Quando o físico norte-americano Richard Feynman (1918-1988), em 1959, em sua palestra intitulada *There is a plenty of room at the bottom* (Há muito espaço lá embaixo), cogitou a possibilidade de os químicos construírem máquinas com dimensões moleculares, ele não sabia ao certo como elas seriam aplicadas na prática, mas previa que a fabricação desses diminutos dispositivos traria uma gama imensa de novas propriedades e tarefas que elas poderiam executar.

Passados 57 anos, a Real Academia Sueca de Ciências agraciou com o Prêmio Nobel deste ano os químicos Jean-Pierre Sauvage, da Universidade de Estrasburgo (França), James Stoddart, da Universidade Northwestern (EUA), e Bernard Feringa, da Universidade de Gröningen (Holanda), pelo planejamento, pela fabricação e pelo funcionamento das nanomáquinas idealizadas por Feynman.

As nanomáquinas são dispositivos cujas dimensões são milhares de vezes menores que a espessura de um fio de cabelo humano. São formadas por um conjunto de componentes moleculares que executam movimentos em consequência da aplicação de um estímulo (fotoquímico, elétrico, químico ou térmico) externo apropriado. São compostos que, temporariamente, deixam sua condição de equilíbrio devido à aplicação desse estímulo e, quando retornam à condição de equilíbrio, produzem uma mudança em suas propriedades macroscópicas.

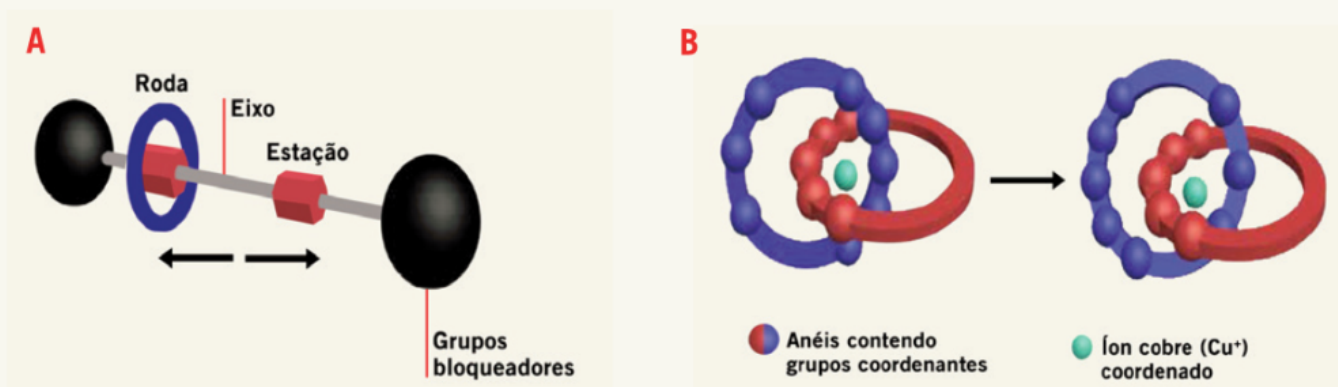
Fazendo uma analogia entre as nanomáquinas e suas parentes macroscópicas, de nosso dia a dia, ambas: i) contêm componentes que se movimentam; ii) consomem energia; iii) executam tarefas. A grande diferença é que os componentes de uma nanomáquina estão na escala entre 10 nm e 100 nm – 1 nm (nanômetro) é 1

bilionésimo do metro –, a qual corresponde à de proteínas, vírus e DNA.

Para a fabricação das nanomáquinas, os três químicos desenvolveram métodos de síntese, isto é, métodos de preparação, baseados nos seguintes 'ingredientes': i) íons metálicos de transição, grupos de elementos que ocupam a parte central da tabela periódica (ferro, cobre, zinco, prata, ouro etc.); ii) química supramolecular, aquela das interações fracas, como as encontradas nas ligações de hidrogênio (presentes entre as moléculas de água, por exemplo), e das forças de dispersão (forças intermoleculares temporárias, resultantes da aproximação entre átomos ou moléculas).

Além desses íons metálicos e dessas forças, o método também incluía conceitos da natureza como reconhecimento molecular, multivalência, cooperatividade e processos de automontagem. Com isso, Sauvage, Stoddart e Feringa conseguiram pro-

Figura 1. Exemplos de nanomáquinas desenvolvidas pelos ganhadores do Nobel de Química deste ano



Essa nanomáquina tem uma roda (círculo azul) que se movimenta entre duas estações (poliedros vermelhos) por meio de um eixo (cinza) ligado a dois 'apoios' (esferas pretas). Stoddart construiu um *chip* de computador com esse tipo de molécula

Sauvage criou anéis mecanicamente entrelaçados (em vermelho e azul) que podiam girar um por dentro do outro – entre esses anéis, está, no caso, um íon de cobre (verde). Esse tipo de nanomáquina foi também empregado como memória molecular de computador

QUÍMICA

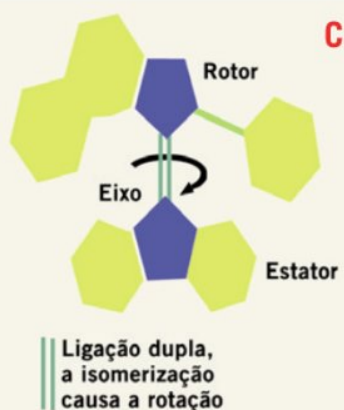
duzir um número extraordinário de nanomáquinas.

Em 1991, Stoddart mostrou o primeiro exemplo de uma nanomáquina formada por uma roda presa a um eixo contendo dois sítios de reconhecimento iguais, chamados estações. A roda interagia com as estações e movia-se entre elas, abastecida por energia térmica retirada do meio circundante (figura 1A).

Depois desse primeiro protótipo de nanomáquina, sistemas mais sofisticados foram sintetizados, incorporando componentes mais complexos e gerando, assim, nanointerruptores, nanoelevadores, nanoválvulas e nanopistões. As nanomáquinas de Stoddart eram abastecidas por luz, energia elétrica e química, sendo que, para cada combustível, os componentes moleculares eram cuidadosamente selecionados.

Em 1983, Sauvage introduziu uma nova estratégia de síntese, baseada no efeito induzido por metais de transição — os quais atuavam como moldes tridimensionais — para organizar, na forma de anéis entrelaçados, duas cadeias de moléculas e, desse modo, obter protótipos de nanomáquinas chamados catenanos (do latim, *catena*: cadeia). A figura 1B traz um exemplo desses dispositivos, que podem ser empregados em dispositivos de memória.

Sauvage foi também pioneiro na fabricação de uma nanomáquina que exercia a



Feringa fabricou um nanomotor cujo rotor (parte superior) — quando abastecido com energia luminosa — girava no sentido horário, sobre um eixo (dupla ligação) ligado a um estator (parte inferior). O movimento coletivo dessas nanomáquinas em uma superfície foi capaz de mover um pequeno pedaço de vidro

função de um músculo molecular que se expandia e contraía, ao ser abastecido com energia química, fornecida pela adição de íons metálicos.

Em 1999, Feringa mostrou, pela primeira vez, um exemplo de um nanomotor contendo rotor, eixo e estator — este último é a parte do motor que, em geral, permanece fixa no interior da carcaça (figura 1C). Posteriormente, esse nanomotor, quando imerso em um filme de cristal líquido e abastecido com energia luminosa, foi capaz de girar no sentido horário e movimentar, no mesmo sentido, um pequeno pedaço de vidro depositado sobre esse filme. A força exercida pelo movimento rotacional coletivo dos nanomotores fez girar um objeto macroscópico cujas dimensões são milhares de vezes maiores que aquelas do próprio nanomotor.

Uma pergunta procedente é a seguinte: qual a utilidade das nanomáquinas?

Jean-Pierre Sauvage • Nasceu em Paris (França), em 1944. Formado em química, obteve seu doutorado (1971) na Universidade Louis Pasteur, em Estrasburgo (França), sob orientação de Jean-Marie Lehn, Prêmio Nobel de Química de 1987. É professor emérito da Universidade de Estrasburgo e diretor de pesquisa emérito do Centro Nacional de Pesquisa Científica (CNRS), ambos na França.

J. Fraser Stoddart • Nasceu em 1942, em Edimburgo (Escócia). Formou-se em química na Universidade de Edimburgo, onde também obteve seu doutorado (1966). Foi laureado, em 2007, com o Prêmio Mundial de Ciência Albert Einstein e o Prêmio Tetrahedron, e, no ano seguinte, com a Medalha Davy. É professor da Universidade Northwestern (EUA).

Bernard L. Feringa • Nasceu em 1951, em Barger-Compascuum (Holanda). Formou-se em química na Universidade de Groningen (Holanda), onde também fez seu doutorado (1978). Entre os vários prêmios que ganhou, destacam-se o Prêmio Europeu Körber de Ciência, em 2003, o Prêmio Spinoza, em 2004, e a Medalha Prelog de Ouro, em 2005. É professor da Universidade de Groningen desde 1984.

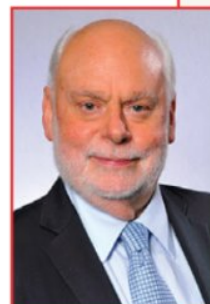


FOTO INSTITUTO DE CIÊNCIAS E INGENHARIA SUPERIORES

FOTO NORTHWESTERN UNIVERSITY

FOTO © UNIVERSITY OF GRONINGEN

Apesar de as nanomáquinas artificiais ainda estarem em sua infância, elas encontram aplicações em diversas áreas, como no transporte de fármacos para células cancerosas presentes no corpo humano; em dispositivos eletrônicos de armazenamento de energia; em motores catalíticos; e em sensores de uma única molécula. A lista de aplicações é longa.

Essa é uma área em constante expansão, e futuras aplicações para as nanomáquinas, certamente, ocorrerão nas próximas décadas. Basta lembrar que, há pouco mais de meio século, esses diminutos dispositivos viviam apenas na imaginação de cientistas como Feynman. Hoje, são uma realidade plenamente reconhecida pela comunidade acadêmica.

CÉLIA MACHADO RONCONI

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA INORGÂNICA,
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

PRÊMIO NOBEL 2016

O curinga do livro e da canção

O anúncio do norte-americano Bob Dylan como vencedor do Nobel de Literatura deste ano causou – e ainda causa – muita polêmica. Pela primeira vez, um cantor e compositor do universo da *popular music* foi escolhido para receber o mais importante prêmio que um profissional das letras pode receber, seja por seu valor simbólico, seja por valor material a ser entregue ao premiado pela Academia Sueca, quantia em dinheiro que poucos escritores sonham em receber por seus livros.

Um ponto central para a compreensão do estranhamento demonstrado por uns e a insatisfação evidenciada por outros com o resultado da escolha está intimamente ligado ao lugar ocupado pelas manifestações da palavra cantada na configuração do espaço canônico das formas e expressões artísticas no mundo anglo-saxão. Para uma crítica literária centrada nas noções tradicionais, estáticas e elitistas de escritor, livro, leitor, qualidade estética e contribuição para a cultura universal, Dylan jamais poderia receber um Nobel, pois não cumpre o papel que se quer atribuir a um 'verdadeiro escritor'.

Antes de tudo, trata-se de um artista multifacetado, multi-instrumentista e polivalente, autor de canções, desenhos, poemas, além de ser um dos mais importantes cantores da música popular norte-americana e, sem dúvida, da tradição poético-musical do Ocidente. Se há uma maneira sintética e singular de tentar compreender o lugar e a importância de Bob Dylan na formação de um imaginário coletivo construído pelas sonoridades no mundo da cultura midiática, esse lugar é o do *Jokerman* (curinga), título de uma de suas canções mais conhecidas.

A vasta obra de Bob Dylan, nascido no estado de Minnesota (EUA), em 1941, atravessa décadas, gêneros, acontecimentos, debates, sendo reconhecida como uma das mais originais contribuições artísticas e culturais ao mundo musical, aproximando as formas eruditas das manifestações populares, a poética do mais puro lirismo da contestação política, o som *country* da polifonia cosmopolita. Sua produção artística, seja ela traduzida em desenhos e imagens, prosa e poesia, som e letra, insere-se no contemporâneo espaço dos dispositivos que fazem da literatura um campo expandido de sentidos e afetos.

Cabe ressaltar que a relação música e literatura, letra e poema, deve ser percebida criticamente em seus espaços específicos de atuação. Se utilizarmos como referência a música popular brasileira, prima-irmã e parceira da norte-americana, o livro *Budapeste* e a canção *À flor da pele* são textos de um mesmo autor, Chico Buarque, mas cada um deles pertence a universos heterogêneos e indica diferentes caminhos de leitura. Ambos são densos, elaborados com precisão e técnica, oriundos de distintas fábricas de composição. Mas a linguagem das duas obras é distinta, os referenciais de sua elaboração são outros, sua circulação pelo público não é articulada de igual maneira, o horizonte de expectativa de seus possíveis leitores não é coincidente; enfim, são textos que têm um só criador, mas que representam e iluminam aspectos diferenciados do espaço cultural.

Não há um Chico mais nobre – o que se transformou em ficcionista – superior ao Chico menos nobre – o que faz *shows* em teatros. Ambos, de igual maneira, aparecem vinculados pela mídia cultural. As-

LITERATURA

Bob Dylan • Nome artístico de Robert Allen Zimmerman, nascido em 1941, em Duluth (EUA). Compositor, cantor, pintor, ator e escritor, escreveu seus primeiros poemas aos 10 anos. Estudou na Universidade de Minnesota (EUA), mas não chegou a completar o curso. Em 2012, foi condecorado com a Medalha Presidencial da Liberdade pelo presidente dos EUA, Barack Obama. É o primeiro e único artista na história a ganhar, além do Nobel, o Oscar, Grammy e o Globo de Ouro.



sim poderia ser dito para Dylan. Não há Dylans maiores e menores, musicais ou literários. Há Dylans, *personae*, vozes mutantes, máscaras sob máscaras, curingas.

Se seguirmos uma argumentação já consagrada e pouco produtiva, diríamos que a poesia de Carlos Drummond de Andrade (1902-1987) e a de João Cabral de Melo Neto (1920-1999) pertencem à série literária erudita, como os poetas de cordel representam a série literária popular, e Gilberto Gil e Aldir Blanc alinham-se na série musical. Nada impede que possam transitar em diferentes espaços, como o fizeram Vinicius de Moraes (1913-1980), Caetano Veloso, Chico Buarque e Arnaldo Antunes, entre outros. Os encontros

possíveis dessas distintas dicções e lugares da fala é fator democratizante e fundamental na concepção de uma cultura da invenção num mercado de ideias repetitivo e massivo.

Pensando em um campo estritamente musical, tendo a canção como forma e discurso, podemos afirmar que a letra representa a palavra articulada ao acorde, o texto tensionado em consonância ou dissonância com a música. Sua constituição implica aproximação da literatura, mas a leitura de sua produção de sentidos ocorre no espaço de intersecção de diferentes linguagens que, interpostas dialogicamente, provocam a múltipla possibilidade de sua configuração.

Em um dos mais completos estudos sobre a música popular brasileira, *Balanço da Bossa e outras bossas*, o poeta, músico e crítico Augusto de Campos, em um texto sobre o também poeta Torquato Neto (1944-1972), afirma: “estou pensando/no mistério das letras de música/tão frágeis quando escritas/tão fortes quando cantadas”. Tomando o texto do Augusto como provocação, podemos afirmar que a força da poética de Bob Dylan pode ser apreendida como uma máquina de textualidades, musicalidades e imagens que faz deslizar as letras na materialidade sonora de uma voz.

A letra no corpo da música não é a letra no corpo do papel. Ambas são originárias de uma mesma matriz, mas forças completamente distintas desenham suas respectivas trajetórias na circulação da cultura. Sua estrutura e função mudam num contexto comunicativo alterado. A poesia lírica escrita prescinde da leitura em voz alta para sua materialização, ainda que esta seja desejável para acentuar a cadeia melódica e rítmica. À percepção visual, são oferecidos meios substitutos para sinalizar interferências no branco limítrofe do papel. No entanto, a palavra cantada só pode ser plenamente articulada quando a voz passa a entoá-la como som no espaço da audição e da recepção.

Outro ponto relevante neste breve comentário sobre a importância de Bob Dylan diz respeito à liberdade absoluta do texto literário em termos de desenvolvimento de sua própria imagética, de definição de sua abrangência e de fixação de seus contornos formais. Em contrapartida, o texto de dicção musical tem seu andamento senão determinado, ao menos pactuado com as variações de timbre, altura e duração, com as oscilações rítmicas e o desenho melódico.

Dylan é o curinga que faz distintos discursos, variadas formas e atos estéticos singulares atravessarem suas fron-



FOTU'S NATIONAL ARCHIVES AND RECORDS ADMINISTRATION / DOMINIO PÚBLICO

Bob Dylan com Joan Baez na
Marcha por Trabalho e Liberdade
em Washington, D.C., em 1963

>>>

teiras e circularem por espaços ilimitados. Percebe-se que a separação polarizada música/literatura, música clássica/música popular, alta literatura/baixa literatura, acentua um dispositivo de hierarquização na ordem classificatória das disciplinas e de seus objetos, dividindo-os em superiores e inferiores, nobres e vulgares, indicando uma discriminação crítica fundada no poder de controle e na força de arbitrar gêneros, formas e modelos.

Conceder o Nobel de Literatura a um poeta da canção é um gesto político de ousadia e respeito por todos aqueles que transitam por limites pouco delimitados entre as artes. Trata-se do reconhecimento a um extraordinário criador de narrativas, inventor de modos de expressão que inovaram as práticas audiovisuais, literárias e musicais que constituem sua trajetória artística.

Não cabe aqui quantificar sua obra, listar as canções, enumerar os poemas, catalogar todos os desenhos. Não é por aí que o prêmio poderá ser justificado. O prêmio é pelo conjunto da obra, não há nenhuma dúvida. Dylan não pode ser rotulado, guardado em escaninhos, definido como um só substantivo. Dylan não é singular, é plural.

É o único artista na história que terá em sua casa um Grammy, um Oscar e um Nobel lado a lado, prova de que a escolha da Academia Sueca aponta, no campo das artes e das humanidades que narram a contemporaneidade, novas possibilidades de lidar com maneiras outras de ser um artista do/no seu tempo.

JÚLIO DINIZ
DEPARTAMENTO DE LETRAS,
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

PRÊMIO NOBEL 2016

PAZ DESEJADA: TÃO PERTO, TÃO DISTANTE

O Nobel da Paz deste ano, dado ao presidente colombiano Juan Manuel Santos, pelo Comitê Norueguês do Nobel, em Oslo, segue a tendência recente de atribuir o prêmio a atores que precisam de 'votos de confiança' para que contínuem um trabalho difícil, realizado em momentos delicados e nos quais a popularidade desses personagens está em baixa.

O anúncio da premiação ocorreu poucos dias depois da rejeição do primeiro acordo de paz entre o governo colombiano e o maior grupo de rebeldes do país, as Forças Armadas Revolucionárias da Colômbia (FARC), por uma estreita margem, de menos de 1%. Desde então, um novo acordo foi negociado — este a ser ratificado por meio de uma votação no Congresso Nacional da Colômbia, em vez de um plebiscito, como no primeiro.

Santos, certamente, merece reconhecimento pelos esforços e pelo capital pessoal e político que investiu nesse processo de paz, que já dura mais de quatro anos. Caso o acordo atual realmente seja ratificado e executado, Santos terá seu lugar na história do país assegurado, encerrando (pelo menos, no papel) um conflito que dura mais de cinco décadas — a mais longa guerra civil no mundo atual.

Levando todos esses fatores em consideração, a escolha do Comitê Norueguês do Nobel é bem compreensível.

Porém, por mais merecido que o prêmio pareça, ele, tudo indica, não vai dimi-



FOTO: PROBABY / DOMÍNIO PÚBLICO

PAZ

Juan Manuel Santos • Nasceu em 1951, em Bogotá (Colômbia). Formou-se em economia e administração na Universidade do Kansas (EUA) e fez pós-graduação na London School of Economics (Inglaterra), na Universidade Harvard (EUA) e na Escola Fletcher de Direito e Diplomacia (EUA). Foi um dos fundadores do Partido Social de Unidade Nacional, em 2005. É presidente da Colômbia desde 2010.



FOTO WILSON DUSAR, CC BY 3.0 VIA WIKIMEDIA COMMONS



péssimo sinal para o futuro, pois a ratificação do novo acordo seria, na verdade, o início do verdadeiro processo de paz, o de reconciliação entre a sociedade e os vários atores envolvidos no conflito, bem como um esforço abrangente nacional para enfrentar as condições que sustentam o conflito há tanto tempo.

Isso exigirá o envolvimento da sociedade em todos os níveis e ao longo de muito tempo. A paz não é um acordo, mas um processo social que não tem um fim predeterminado em data certa.

Para poder construir tal processo — um que seja sustentável —, Santos também tem que superar outro obstáculo considerável: o ódio que muitos colombianos sentem pelas FARC, grupo responsável, ao longo de todas essas décadas, por milhares de mortes, sequestros, desaparecimentos, além do deslocamento de milhares de pessoas internamente e para o exterior.

O que Santos poderá fazer para incluir as FARC não só no processo político, mas também nos processos sociais do dia a dia? Como tentará convencer os colombianos de que a inclusão das FARC é o caminho certo para tanto terminar o conflito armado quanto para assegurar que o futuro do país será melhor?

Tudo isso sem falar dos outros grupos lutando contra o governo, bem como das associações paramilitares que, em contrapartida, lutam contra esses grupos antigoverno. Como eles podem integrar um processo de reconciliação?

De fato, mesmo se isso acontecesse, outros problemas logo, logo surgiriam. Por

exemplo, como será possível reintegrar os combatentes (pessoas, em vez de organizações) à sociedade civil? Como evitar que outros grupos criminosos ‘comuns’, como cartéis de drogas internacionais, se aproveitem do vácuo de poder a ser deixado pela desmobilização das FARC nas áreas controladas por elas? Como administrar (em termos jurídicos, políticos e sociais) o sistema de justiça ‘transicional’ a ser estabelecido para julgar os crimes de guerra cometidos? Como transformar a economia do país inteiro em uma economia pós-guerra?

Essas são apenas parte das perguntas que Santos enfrentará, caso o acordo de paz seja ratificado. A lista de dúvidas e incertezas, certamente, é bem longa.

Esse cenário — quase assustador e de alta complexidade — nos leva de volta à decisão do Comitê Norueguês do Nobel. É perfeitamente possível argumentar que, diante da situação descrita, dar o Nobel da Paz para Santos é um ato prematuro, pois a conclusão de um acordo de paz formal nada mais é do que um passo — por mais importante que ele seja — em um processo muito mais longo e amplo, o qual, um dia, pode levar a uma paz duradora. Por outro lado, diante desse fato, o comitê tem toda a razão em incentivar Santos e seus sucessores a continuar o trabalho iniciado. A parte mais dura ainda está por vir.

KAI ENNO LEHMANN

INSTITUTO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS,
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

nuir os problemas do presidente daqui para frente — e pouco conta o fato de, nesse contexto, Santos estar em uma fase muito impopular. O que importa é que a população, como um todo, tenha se mostrado extremamente apática ao longo do processo de paz.

Ao plebiscito, em outubro passado, menos de 40% dos eleitores compareceram às urnas. Esse desinteresse é um

Física e contra o

Em que uma gota de tinta em um copo d'água pode contribuir para o combate ao câncer de mama? À primeira vista, soam como temas totalmente desconexos. Mas é possível usar equações físicas associadas ao primeiro fenômeno – como um líquido se difunde em outro – para avaliar mamografias, melhorando o contraste das imagens e até viabilizando a detecção de estruturas suspeitas.

Nas páginas a seguir, discutiremos como física e computação se uniram para aperfeiçoar a análise desse exame médico. E como a sinergia dessas duas ciências pode auxiliar profissionais de saúde na busca por diagnósticos mais precisos para um dos mais preocupantes problemas de saúde pública da atualidade.

André Persechino Américo de Oliveira

Márcio Portes de Albuquerque

*Laboratório de Processamento Digital de Sinais e Imagens,
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (RJ)*

computação câncer de mama

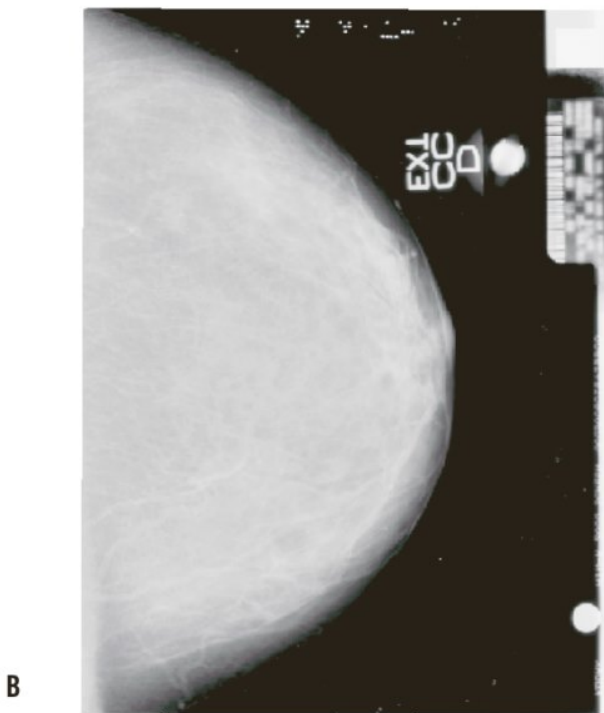
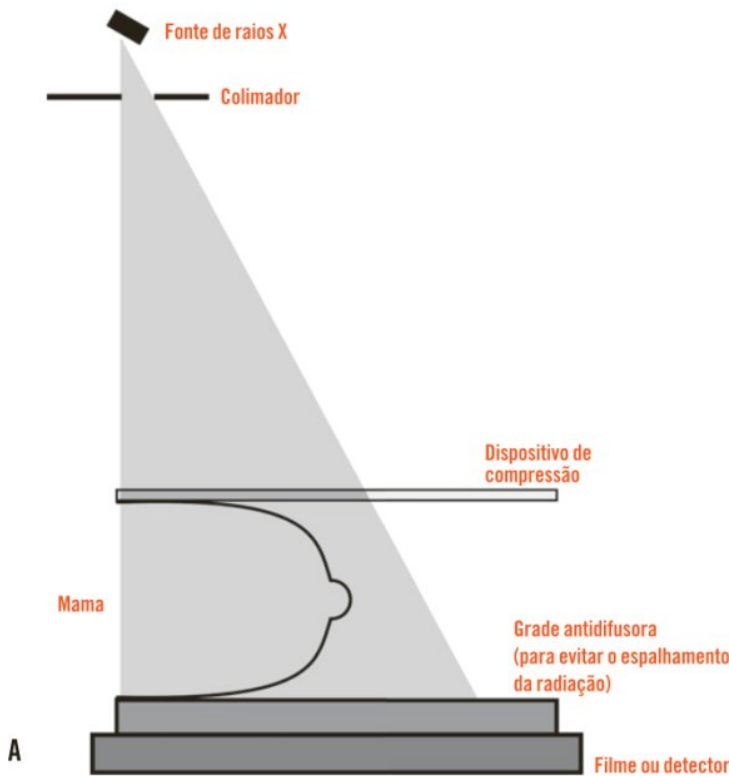
A sinergia de duas ciências na análise de imagens mamográficas

O câncer de mama é um problema sério de saúde pública e há tempos mobiliza governos e sociedade. Estimativas do Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (Inca), no Rio de Janeiro (RJ), apontaram para a ocorrência, em nosso país, de aproximadamente 57 mil novos casos da doença para os anos de 2014/2015. Nos biênios de 2010/2011 e 2012/2013, as estimativas eram, respectivamente, de cerca de 49 e 53 mil novos casos. Nesse cenário, o exame de mamografia desempenha papel fundamental, sendo considerado o meio mais eficaz para diagnóstico precoce do câncer mamário.

FOTO: PAVAN / ZUMA PRESS

>>>

Figura 1. Em A, esquema básico da mamografia. Em B, imagem mamográfica real



Mamografia é uma técnica radiológica baseada na interação dos raios X com a matéria, da mesma maneira que radiografias usuais. A figura 1 ilustra de maneira simplificada o exame: um feixe de raios X é colimado – passa por um pequeno orifício – e atinge a mama, que está comprimida. Essa compressão serve basicamente para diminuir a espessura do órgão, facilitando a passagem da radiação, além de proporcionar uma separação de suas estruturas internas.

Tendo a mamografia papel tão importante em prevenção e diagnóstico do câncer de mama, espera-se que as imagens geradas sejam as melhores possíveis, para facilitar as análises especializadas dos profissionais envolvidos. No entanto, a realidade é outra: a imagem resultante é geralmente apresentada com baixo contraste (borrada ou ‘apagada’). Isso ocorre em parte tanto pela fraca interação entre raios X e tecidos da mama quanto por fatores menos sistemáticos, como movimento da paciente durante a exposição e disposição inadequada da mama no aparato.

Esses e outros problemas podem contribuir para degradação da imagem. E há ainda uma dificuldade extra: médicos devem atentar a minúcias, como calcificações (pequenas aglomerações de cálcio) com diâmetros inferiores a 1 mm. A figura 2 ilustra essa dificuldade.

Por causa da importância da mamografia e existência de tantos fatores de degradação da imagem, é natural que se investiguem meios de melhorar os exames, seja por meio de aperfeiçoamentos nos equipamentos, seja por meio de análise e processamento de imagens digitais.

Quanto a esta última alternativa, física e computação têm muito a contribuir. De fato, desde a descoberta dos raios X, pelo físico alemão Wilhelm Röntgen (1845-1923), em 1895, as imagens radiológicas vêm auxiliando os profissionais de saúde no diagnóstico das mais diversas doenças.

Pode-se afirmar seguramente que a física ocupa a vanguarda no desenvolvimento de tecnologias e métodos aplicados ao diagnóstico: tomografia, ressonância magnética, ultras-

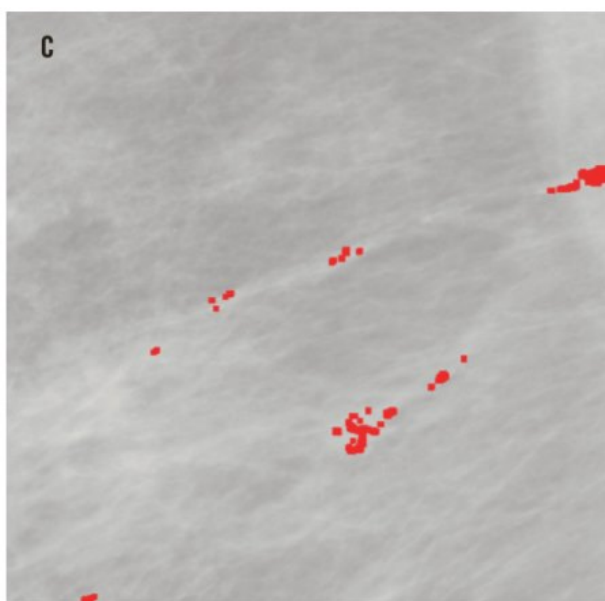
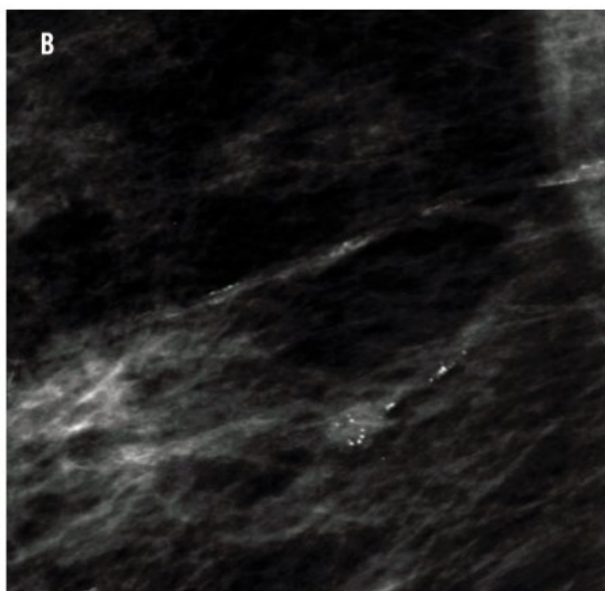
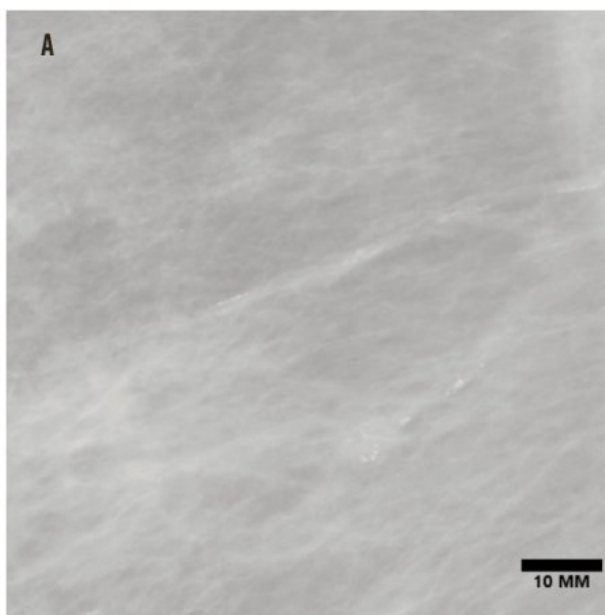


Figura 2. Em A, região da mama contendo calcificações (parte central), em imagem de baixo contraste. Em B, versão alterada de (A), com contraste aumentado, evidenciando agrupamentos de calcificações. Em C, calcificações detectadas são superpostas à imagem original

sonografia e diversas outras modalidades têm suas raízes na física pura ou aplicada.

Hoje, com o aumento das capacidades de computação, é possível não só analisar imagens em alta velocidade, mas também fazer levantamentos complexos, tediosos ou mesmo irrealizáveis manualmente. Nesse sentido, física, computação e matemática contribuem em conjunto para novos desenvolvimentos.

Há, na literatura científica, uma infinidade de propostas para sistemas computacionais dedicados ao realce e à detecção de estruturas suspeitas em mamografia. Eles são concebidos e implementados com base em conceitos, teorias e técnicas muito distintos entre si, abrangendo desde operações matemáticas básicas até sofisticadas aplicações de inteligência artificial.

Não é nossa intenção abordar todas as possibilidades, mas, sim, apresentar o papel de analogias físicas úteis em processamento de imagens. Em particular, mostraremos como o conceito de difusão pode ser aplicado em mamografia.

Imagens ‘dissolvidas’? Embora o nome possa soar estranho, todos já observamos o fenômeno físico da difusão. Por exemplo, ao derramar leite na água, percebe-se que, após algum tempo, obtém-se uma mistura homogênea esbranquiçada. Com gases, a história se repete: se, em um cômodo fechado, abrimos um frasco com determinado gás, depois de um longo período, o ambiente estará preenchido por uma mistura homogênea de ar e do gás liberado. Menos intuitiva é a difusão de cargas elétricas em materiais usados na indústria eletrônica, como o silício, elemento químico usado em *chips* e microprocessadores.

De modo geral, se há diferentes concentra-

>>>

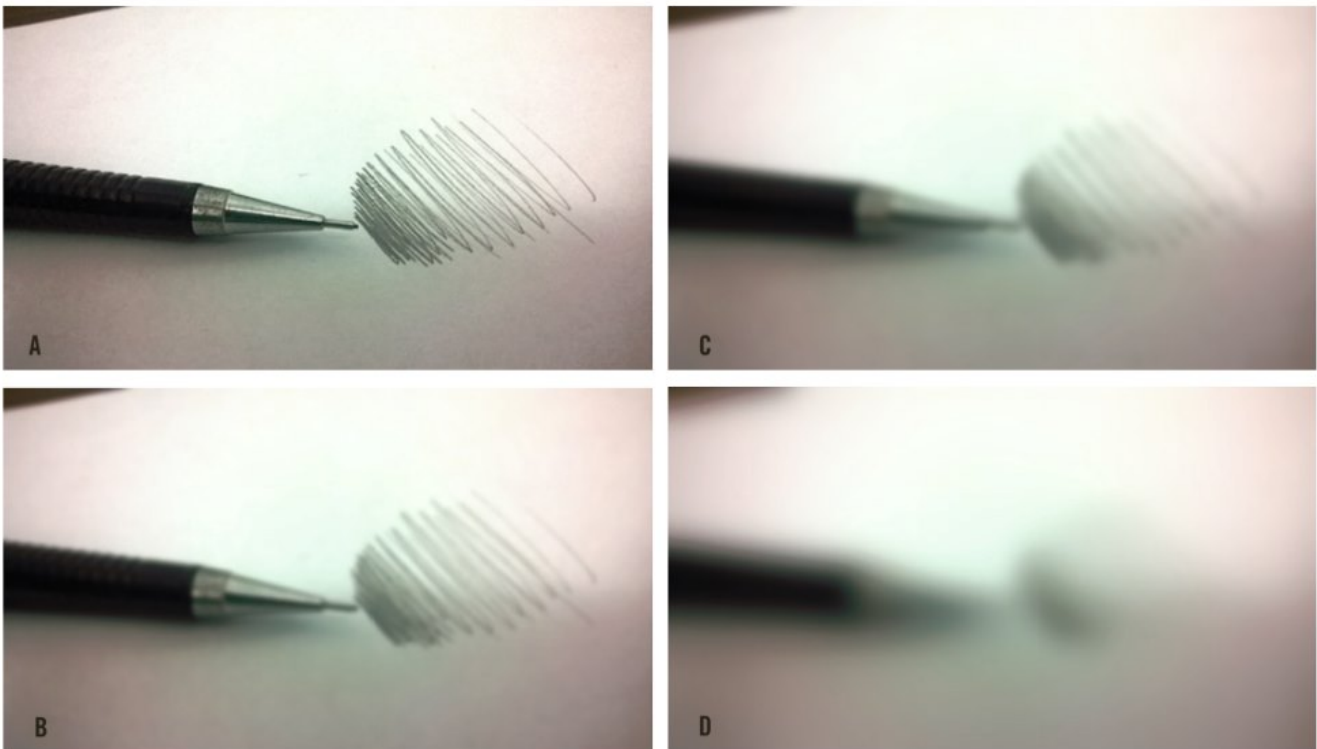


Figura 3. Exemplo de imagem submetida a difusão. Em A, imagem inicial, sem qualquer alteração. Em B, C e D, resultados da difusão em ordem crescente no tempo. Nota-se em D o pouco contraste na imagem

ções de componentes em um ambiente propício, existe uma tendência natural de que estes se misturem, levando o sistema a uma configuração homogênea – lembre-se da gota de leite no copo d’água. O ponto de interesse aqui é que, surpreendentemente, imagens também podem ser difundidas.

Vamos com calma aqui: dissemos que o fenômeno de difusão ocorre sempre que há uma diferença de concentrações no sistema. O ‘destino’ desse sistema é um estado em que nenhum dos constituintes está bem definido, mas há um único componente, completamente homogêneo.

Nesse sentido, a afirmação acima parece descabida – afinal, a difusão é um fenômeno físico, e uma imagem digital é uma representação eletrônica de algo que se quis retratar. Ocorre que podemos interpretar matematicamente a imagem como sendo um sistema físico sujeito a difusão. Para tanto, códigos computacionais devem ser desenvolvidos para simular a difusão, usando a imagem como informação inicial. Isso é possível por meio do uso de certas equações, chamadas diferenciais.

A figura 3 ilustra o conceito de difusão em imagens. Note que o efeito é exatamente aquele que temos discutido até agora: um sistema inicialmente bem-definido ‘evolui’ gradativamente para um estado de maior homogeneidade. Conforme o ‘tempo’ passa, as informações individuais vão se perdendo, dando lugar a uma estrutura uniforme. No caso limite (difusão por um período muito longo), perde-se toda a informação da imagem.

Na figura 3, vemos que é possível submeter uma imagem digital a uma série de operações que representam matematicamente o processo físico de difusão, levando o sinal inicial – cujo contraste é máximo – a um estado de completa homogeneidade, cujo contraste é mínimo.

Volta ao passado? Temos agora em mãos uma ferramenta – aparentemente inútil – para borrar imagens. Mas e se pudéssemos operar esse processo ao contrário? Ou seja, começaríamos com uma imagem de baixo contraste (ou borrada) e a aperfeiçoaríamos segundo



uma espécie de ‘difusão reversa’, melhorando gradativamente o contraste.

Pensando de outro modo: poderíamos voltar no tempo e reverter a difusão de uma imagem? Essa pergunta é uma das mais antigas da área de processamento de imagens e guarda grande importância no campo da matemática aplicada. A resposta é: pode-se operar um sistema em difusão reversa, mas por pouco tempo, até que ele colapse.

O colapso da imagem corresponde à perda de controle sobre o sistema – isto é, há uma completa descaracterização de seu conteúdo inicial. Grosso modo, isso acontece pelo fato de as leis físicas envolvidas – expressas matematicamente, não custa reforçar – não permitirem que se obtenham informações do ‘passado’ do sistema. Usando o exemplo da gota de leite difundida em um copo d’água: não é possível descobrir o formato inicial da gota ao se observar a mistura homogênea.

A ideia descrita acima chama a atenção: submeter uma imagem a uma difusão reversa poderia, hipoteticamente, melhorar o contraste das estruturas nela retratadas. Contudo, a

iminência do colapso inviabiliza essa aplicação na prática. Mais: nem todas as estruturas representadas na imagem estão no mesmo ‘nível’ de difusão: o efeito da difusão reversa sobre partes nítidas da imagem é devastador.

Então, em primeira análise, parece não haver saída: uma imagem borrada está fadada a permanecer borrada. Porém, nem tudo está perdido...

No início da década de 1990, foi proposta, na literatura especializada, uma difusão diferente, denominada não-linear, a qual apresentava as conveniências da difusão usual (direta) e da reversa. Criou-se um modelo de difusão que permitia, dentro de certos limites, operar o sistema segundo uma difusão direta, diminuindo seu contraste, ou segundo uma difusão reversa controlada, realçando certas estruturas da imagem.

Essa nova difusão é expressa por meio de equações ditas não-lineares – daí o nome do fenômeno –, muito mais complexas que as usuais. A figura 4 ilustra a aplicação de diferentes difusões sobre uma dada imagem.

Figura 4. Aplicações das difusões direta (B), reversa (C) e não-linear (D) sobre a imagem de uma folha (A). O colapso da imagem (C) é evidente, diferentemente de (D), em que os principais contornos foram mantidos ou realçados

>>>

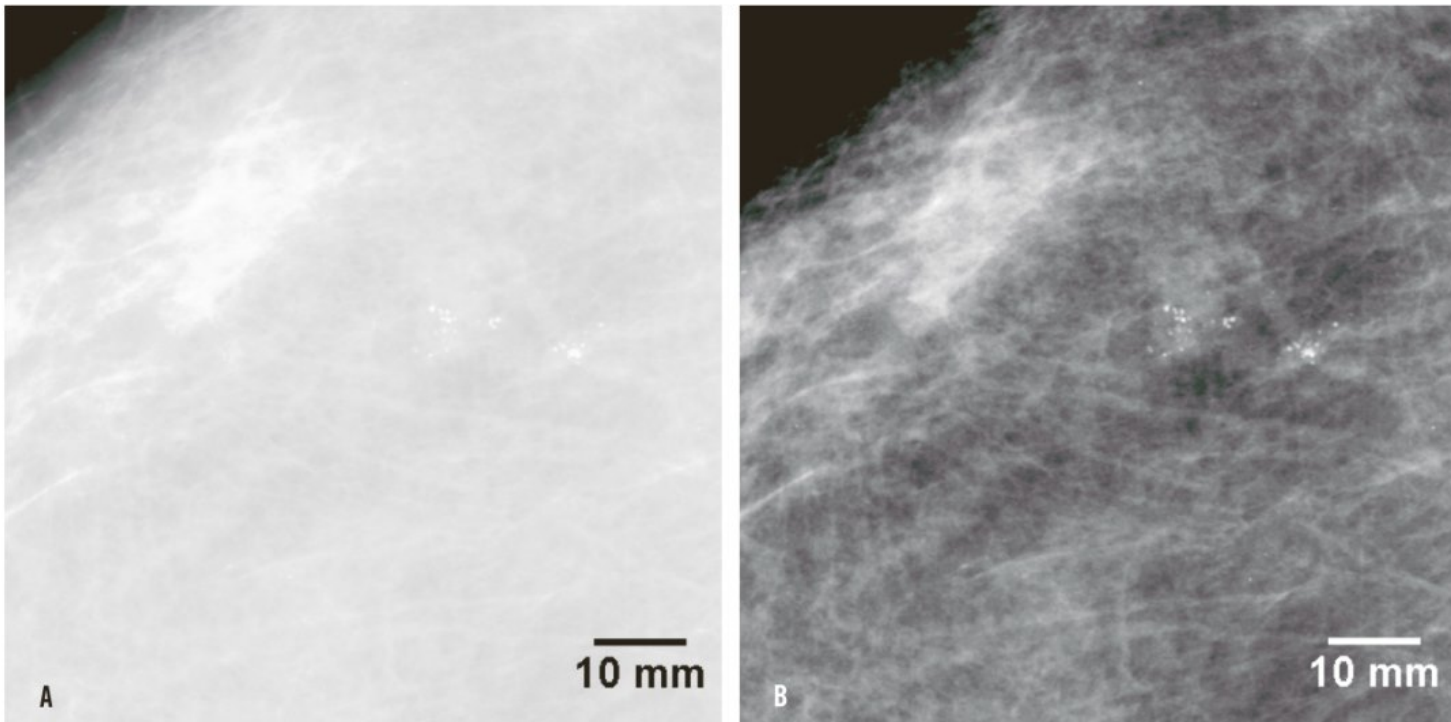


Figura 5. Em A, fragmento de imagem mamográfica contendo (parte central) um agrupamento de calcificações. Em B, versão com contraste aumentado. Em C, resultado da difusão não-linear. Em D, superposição dos achados sobre a imagem inicial. As calcificações são destacadas em verde, e os achados e os erros de detecção em amarelo

Pondo em prática É possível que, a esta altura, o(a) leitor(a) já tenha relacionado a discussão sobre difusão com a problemática da mamografia: como dissemos no início do artigo, uma das principais dificuldades inerentes à análise de imagens mamográficas consiste no baixo contraste delas.

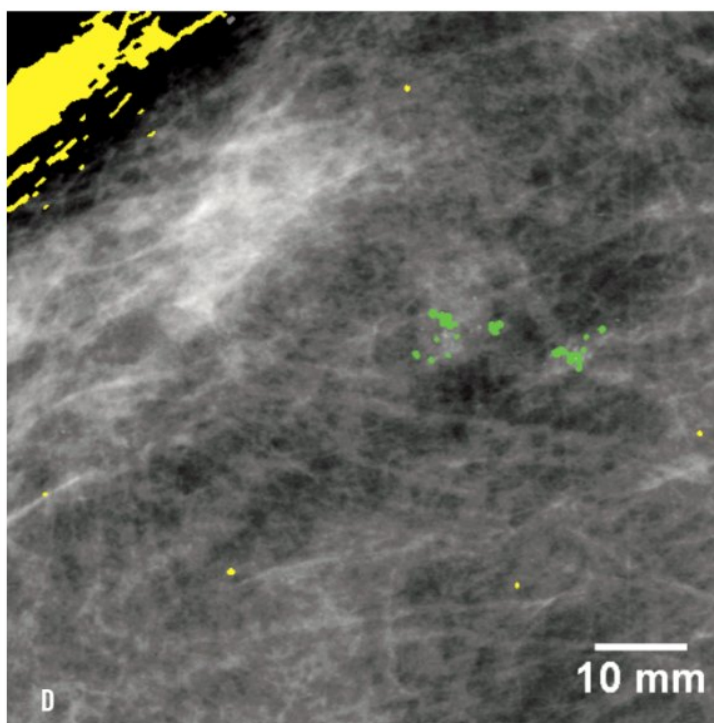
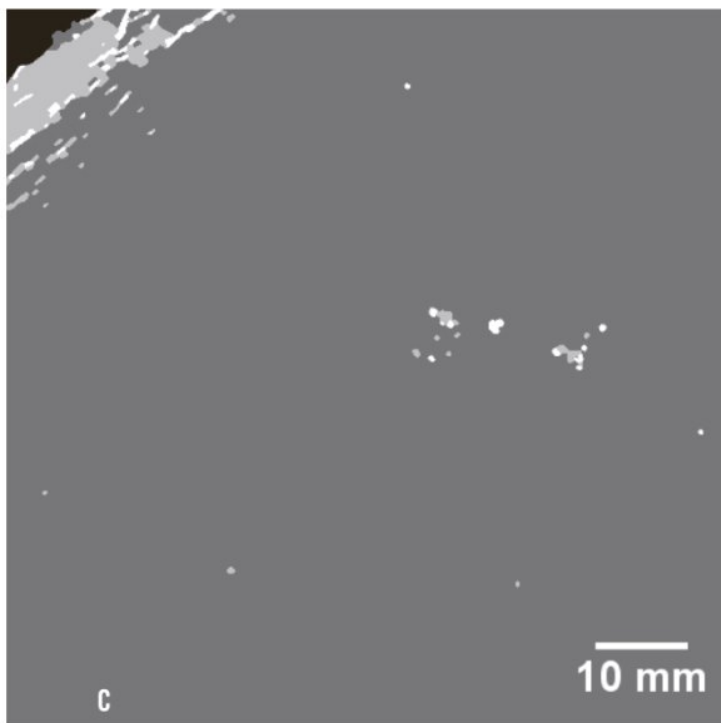
Ora, se encarássemos uma imagem mamográfica como um sistema previamente submetido a difusão, poderíamos submetê-la a uma difusão não-linear, evidenciando as estruturas de interesse e homogeneizando as restantes. Isso é plenamente realizável, mas existe uma dificuldade para determinar

quais estruturas devem ser evidenciadas e quais devem ser homogeneizadas. Lembre-se de que tudo é feito via matemática – logo, é necessário ‘matematizar’ a capacidade de discernir o que pode e o que não pode ser borrado na imagem.

Definir essa capacidade representa um grande empecilho para a aplicação prática da difusão não-linear, pois não há receita pronta: cada imagem tem suas próprias características, e o controle da difusão tende a ser caso a caso, ou seja, particularizado. Isso quer dizer que cada imagem necessita ser testada e, de certa forma, ‘calibrada’ para a aplicação da técnica. Obviamente, não há vantagem alguma nisso.

Os autores deste artigo investigaram, por dois anos, a influência da difusão não-linear em imagens mamográficas. Para isso, desenvolveram todo um sistema computacional auxiliar, que ‘contava’ e ‘classificava’ os achados.

Além do inquestionável efeito visual, constatou-se que o uso da difusão não-linear proporcionava aumentos de até 30% no número




de detecções de estruturas suspeitas (não necessariamente malignas) em imagens mamográficas.

Contudo, o processo não era livre de erros, e objetos irrelevantes também acabavam sendo detectados. A figura 5 ilustra essa ocorrência.

Para onde, agora? Apesar de sua influência positiva nas detecções em imagens mamográficas, ainda existem perguntas a serem respondidas sobre a difusão não-linear: como fazer com que a difusão ‘entenda’ ou ‘enxergue’ melhor a imagem a ser processada? Há uma equação (ou conjunto de equações) que descreva a imagem mamográfica ou, pelo menos, a parte relevante dela? Caso exista, é uma equação de difusão?

Ainda não temos as respostas. Mas já sabemos que imagens mamográficas respondem bem a processamentos baseados em física. Isso alimenta a expectativa de que, talvez, alguma equação física – mesmo daquelas mais simples – guarde a chave para detecções mais eficientes em mamografia.

Esse é um caminho bastante interessante – apesar de sinuoso – a se trilhar, pois apresenta diferentes desdobramentos em física, matemática, computação, entre outras áreas. Nessa caminhada científica pela teoria da informação, toda companhia é bem-vinda.

E o(a) leitor(a), qual caminho acha que deve ser tomado? 

Sugestões para leitura

- CALDAS, F. A. A. *et al.* ‘Controle de qualidade e artefatos em mamografia’. *Radiologia Brasileira* v. 38. n. 4. pp. 295-300 (2005). Disponível em: <http://bit.ly/2fb5Jlr>.
- MAZZONCINI, P. A. M. ‘Diagnóstico auxiliado por computador na radiologia’. *Radiologia Brasileira* v. 34. n. 5. pp. 285-293 (2001). Disponível em: <http://bit.ly/2eGUv9M>.
- PERSECHINO, A.; ALBUQUERQUE, M. P. de. ‘Processamento digital de imagens: conceitos fundamentais’. *Monografias do CBPF* v. 1. n. 4. pp. 1-41 (2015). Disponível em: <http://bit.ly/2fWm0Jy>.
- PERSECHINO, A.; APOLINÁRIO JR., J. A.; ALBUQUERQUE, M. P. de. ‘Evidenciação de estruturas em imagens por meio de equação de difusão’. *Notas Técnicas do CBPF* v. 4. n. 2. pp. 14-22 (2014). Disponível em: <http://bit.ly/2fWVfnt>.

QUILOMBOLAS NO VALE DO RIBEIRA



Figura 1. Quilombolas indo em direção ao viveiro de ostras na Reserva Extrativista de Mandira, Cananeia (SP)



FOTO: CLAUDIO THAMES / INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL

Forjadas no bojo de um Brasil escravocrata, as comunidades remanescentes de quilombos compõem a rica diversidade étnica e sociocultural que define a nossa sociedade hoje. O caso bem documentado dos quilombolas do Vale do Ribeira (SP) pode nos revelar algumas nuances regionais da formação histórica desses grupos, assim como nos fornecer elementos para compreendermos melhor a situação presente desse importante segmento da sociedade brasileira.

Helbert Medeiros Prado

*Departamento de Genética e Biologia Evolutiva,
Instituto de Biociências,
Universidade de São Paulo*

Compondo um dos maiores territórios contínuos de mata atlântica em nosso país, o Vale do Ribeira, localizado próximo à divisa entre os estados de São Paulo e Paraná, caracteriza-se por abrigar ambientes florestais com altos índices de diversidade biológica. Essa é também uma região marcada por um caldeirão cultural dos mais diversos. Isto porque ela abriga um grande número de populações humanas de diferentes origens históricas, como imigrantes japoneses, caiçaras, indígenas e quilombolas.

Este artigo apresenta uma narrativa sobre os principais eventos que marcaram a história da ocupação quilombola no Vale do Ribeira. Neste exercício de síntese, que é parte da experiência de quase uma década do autor na região, visitaremos alguns dos principais estudos desenvolvidos por antropólogos, sociólogos, historiadores e ecólogos no Vale do Ribeira. Aqui articulados, esses estudos nos ajudarão a compreender, no âmbito regional, alguns fragmentos da história e da realidade atual desse importante segmento da sociedade brasileira.

A primeira definição de quilombo de que se tem registro encontra-se em carta remetida pelo Conselho Ultramarino de Portugal ao rei D. João V, com data de 1740. Nesse docu-

mento, quilombo é definido como “toda habitação de negros fugidos, que passem de cinco, em parte despovoada, ainda que não tenham ranchos levantados e nem se achem pilões nele”. Como veremos mais adiante com o caso do Vale do Ribeira, essa definição centrada na fuga e em uma concepção de que tais grupos viviam em uma condição de semi-isolamento social e econômico, em muito simplifica um processo histórico que hoje sabemos ter sido bem mais complexo.

Na região do Vale do Ribeira, hoje são 66 as comunidades remanescentes de quilombos (ou quilombolas) já identificadas pelo Instituto de Terras do Estado de São Paulo (Itesp). Tanto em sua origem histórica, forjada no regime escravocrata, quanto em suas formas particulares de se adaptar a ambientes tão díspares quanto as serras e as planícies litorâneas, tais populações formam um verdadeiro patrimônio cultural na região, como mostra o *Inventário cultural de quilombos do Vale do Ribeira*, produzido pelo Instituto Socioambiental (disponível em www.socioambiental.org).

Seus conhecimentos sobre a flora, a fauna e a paisagem são notórios, e estão ainda em processo de documentação pelos cientistas. Sua principal base de subsistência tradicional, a roça de coivara (ou corte e queima), configura-se em uma forma de cultivo alta-

>>>



Casa de pau a pique do quilombo Bombas, em Iporanga (SP)

FOTO ANNA MARIA ANDRADE / INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL

mente adaptada aos trópicos, e ainda praticada por muitos povos pelo mundo afora (ver ‘Coivara: cultivo itinerante na floresta tropical’, em *CH* 297).

O ciclo do ouro No Vale do Ribeira, a colonização portuguesa, e de seus escravos africanos, deu-se muito em função da busca por ouro e outros minerais preciosos, já nas primeiras campanhas bandeirantes nessa porção do país. Entre os séculos 16 e 19, tais escravos seriam os grandes responsáveis pelo trabalho e pela transformação do Vale em uma economia inicialmente mineradora e depois agrícola. Porém, e a exemplo do que houve em outras partes do Brasil, o regime escravocrata na região não se concretizou sem que houvesse resistência por parte dos cativos. Houve fugas durante esse processo, o que parece ter sido a gênese das comunidades quilombolas que hoje vivem ali.

Houve também um evento-chave, que teria ocasionado um processo de abandono de muitos escravos no Vale: em meados do século 18, seus senhores não poderiam deixar de se animar com as notícias dos minerais em Minas Gerais. O *boom* do ouro naquele estado viria a contribuir para o abandono da mineração e de parte da mão de obra cativa envolvida nessa atividade na região.

Podemos dizer que, se num primeiro momento muitos escravos já haviam vivenciado

a fuga, em seguida se daria a debandada de seus senhores para outras regiões mais promissoras. Além das fugas e do simples abandono, há também na região casos documentados de doação de terras por parte de senhores aos seus antigos escravos, o que parece ter sido a origem do hoje famoso bairro de Ivaporunduva, como apontado pelo sociólogo Renato da Silva Queiroz, da Universidade de São Paulo. Esses casos mostram a complexidade envolvida no processo histórico de formação dos bairros quilombolas no Vale do Ribeira, a exemplo do que os pesquisadores também têm registrado em outras regiões do Brasil.

O ciclo do arroz Após o colapso da atividade mineira no Vale, mais especificamente durante a primeira metade do século 19, a região viveria o grande ciclo econômico do arroz, que a marcaria profundamente, assim como a sua gente. Vindo diretamente do continente africano, ou de outras regiões do Brasil, um grande contingente de escravos desembarcou durante esse período na cidade de Iguape (principal centro comercial e religioso da região naquele momento). Era a mão de obra escrava da qual as fazendas fariam uso para impulsionar ainda mais a rizicultura em franca expansão àquela época.

Documentos analisados pelos historiadores Agnaldo Valentin e José Flávio Motta, da Universidade de São Paulo, dão conta de que

a população cativa registrada na cidade de Iguape passara de pouco mais de 700 para quase 5 mil pessoas, entre os anos de 1800 e 1860 aproximadamente.

Paralelamente, em meados do século 19, o porto de Iguape consolidou-se como um dos mais relevantes em nosso país: uma mostra do vigor das importações e exportações, de pessoas e de produtos, daquele período nessa parte do litoral brasileiro. Importante constatar também que, durante essa mesma época, grupos de ex-escravos que vinham fugindo ou sendo abandonados desde o século anterior já haviam formado comunidades na região. E o que há de mais interessante: não como grupos isolados social e geograficamente, mas integrados à economia local e regional, sobretudo por meio do fornecimento de seus excedentes agrícolas, notadamente o arroz. Isso está bem relatado no *Lauda antropológico. Comunidades negras de Ivaporunduva, São Pedro, Pedro Cubas, Sapatu, Nhunguara, André Lopes, Maria Rosa e Pilões*, coordenado pela antropóloga/perita do Ministério Público Federal Deborah Stucchi.

Desafios do século 20 e situação atual

No entanto, o ciclo do arroz no Vale viveria sua gradual deteriorização ao longo da segunda metade do século 19. Já nas primeiras décadas do século 20 as relações históricas dessas populações com o mercado regional se

caracterizariam por ciclos de maior ou menor intensidade. Os casos mais emblemáticos foram o comércio do palmito-juçara (*Euterpe edulis*), com seu auge entre as décadas de 1940 e 1950, a produção de banana (*Musa sp.*), a partir da década de 1960, e o cultivo da pupunha (*Bactris gasipaes*), que ganhou protagonismo no Vale nesta última década e meia.

Para além dessa dinâmica econômica, novos desafios de ordem política e fundiária viriam a recair sobre os quilombolas da região, especialmente no desenrolar da segunda metade do século 20. Por exemplo, nas décadas de 1960 e 1970, a grilagem de terras intensificou-se sobremaneira, muito em resposta aos incentivos do governo militar para atrair novos fazendeiros-grileiros para “desenvolver” o Vale. Na sequência viriam os conflitos, atingindo seu auge na década de 1980, em meio a ameaças, agressões, e até casos de homicídio. Paradoxalmente, intensificou-se também durante a década de 1980 a fiscalização ambiental na região.

Os quilombolas do Vale do Ribeira também se encontram sob constante ameaça de terem seus territórios transformados em grandes reservatórios hídricos. Trata-se de projeto, proposto pela Companhia Brasileira de Alumínio (do grupo Votorantim), de construção de quatro barragens para geração de eletricidade ao longo do rio Ribeira (Tijuco Alto, Funil, Batatal e Itaoca). Desde a década

Quilombo Galvão em Eldorado (SP)

>>>



de 1990, entretanto, esse projeto tem sido objeto de forte resistência por parte de ambientalistas, movimentos sociais e ONGs (organizações não governamentais) que atuam na região.

E quanto ao século 21? Em 2003, o decreto presidencial 4.887/2003 tornou mais eficaz, na esfera da administração federal, o processo de titulação de territórios quilombolas no Brasil. Segundo informações do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), antes desse decreto, mais especificamente entre 1995 e 2002, 44 títulos quilombolas haviam sido expedidos. Já, entre 2003 e 2015, foram expedidos 166 títulos, em benefício de 9.550 famílias quilombolas em nosso país. Ainda segundo informações disponibilizadas pelo Incra, são hoje 1.532 processos abertos de regularização de territórios quilombolas no Brasil (última atualização pelo órgão em 5/2/2016).

Essa temática sobre a titulação de terras quilombolas evoca outra faceta da história recente dessas populações na região do médio rio Ribeira (localizada entre as cidades paulistas de Eldorado e Iporanga). Entre as décadas de 1960 e 1980, aproximadamente, houve

uma expansão da presença do Estado na região, por meio do estabelecimento de escolas rurais, estradas de acesso, e serviços de saúde nas comunidades. Esse foi também o período de maior intensificação dos conflitos fundiários – como relatado acima.

Em conjunto, tais transformações contribuíram para que os quilombolas empreendessem importantes mudanças em sua forma de ocupar a paisagem e de se organizar social e politicamente, o que em grande parte define seu modo de vida hoje.

Até a década de 1960, por exemplo, cada família estabelecia sua residência e suas áreas produtivas de forma bastante dispersa na paisagem. Hoje, no entanto, cada vez mais, os bairros quilombolas do Vale do Ribeira têm se transformado em vilas: um processo documentado em detalhe pelos pesquisadores Nelson Pedroso Jr., da Fundação Getúlio Vargas, e Lúcia C. Munari, doutoranda na Universidade de Hohenheim, Alemanha, em estudos abrangendo nove comunidades quilombolas da região do médio rio Ribeira.

Paralelamente, como mostrado pelos estudos coordenados pela pesquisadora Célia Fuettema, da Universidade Estadual de Campi-

Figura 4. Travessia por barco que dá acesso ao quilombo Ivaporunduva, em Eldorado (SP)

FOTO FELIPE LEAL / INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL



nas, no passado, o acesso das famílias às porções da paisagem para seu uso era regida por regras informais (ou costumeiras) internas, dominadas, grosso modo, pelas relações de parentesco entre os indivíduos.

Nas últimas duas décadas, por outro lado, os quilombolas do Vale têm desenvolvido novas formas de organização comunitária para fazer frente a alguns dos seus principais desafios atuais. A criação formal das associações de moradores, em nome das quais o título de território quilombola é emitido, faz parte desse movimento histórico mais recente.

Das 66 comunidades quilombolas já identificadas no Vale do Ribeira até o momento, 21 foram reconhecidas e seis tiveram seus territórios titulados pelo poder público. Tal visibilidade perante o Estado trouxe, por sua vez, maior restrição, no âmbito da legislação ambiental, à abertura de suas roças de corte e queima na região – objeto de reivindicações constantes por parte dos quilombolas nos órgãos ambientais do estado de São Paulo.

Adicionalmente, as pesquisas em ecologia humana coordenadas por Cristina Adams e Rui S. S. Murrieta, da Universidade de São Paulo, ao longo de mais de uma década têm mostrado que essas transformações históricas acima sintetizadas em muito já se refletiram nas formas de cultivo adotadas pelos quilombolas do médio rio Ribeira. Por exemplo, nas décadas mais recentes, esses grupos têm substituído (por pressões econômicas e também da legislação ambiental vigente) o cultivo tradicional de coivara por uma produção agrícola mais intensiva, mais direcionada ao mercado, e menos diversificada.

Esses são fatores que podem comprometer a autonomia das comunidades na produção de seus próprios alimentos, e ameaçar a sua segurança alimentar no futuro. Nesse cenário, os quilombolas dessa região têm se tornado cada vez mais dependentes do consumo de produtos industrializados. O alto valor calórico desses alimentos, somado a uma vida cada vez mais sedentária, também já se refletiram em maior frequência de obesidade nessas comunidades.

Um passado em construção Por fim, destaco que, durante minhas pesquisas na região e de muitos dos autores aqui citados, as transformações históricas acima pontuadas também estiveram presentes nas falas de muitos dos moradores entrevistados, em diferentes comunidades. Ao discorrerem sobre o modo de vida dos ‘antigos’, os relatos dos mais velhos trazem à tona um tempo marcado pela grandiosidade dos roçados, pelo trabalho coletivo e pela fartura dos alimentos à mesa.

Tomando como referência as reflexões do eminente sociólogo Antonio Candido de Mello e Souza sobre a cultura caipira e suas transformações, os relatos quilombolas mencionados também podem indicar, na esfera do imaginário dos mais velhos, uma forma de criar um passado ideal, expressando a busca por uma ‘idade de ouro’ que possa fazer frente às incertezas do presente.

É interessante notar que os mais velhos, em geral, não hesitam em expressar o desejo de que seus filhos e netos estudem o bastante para que consigam se empregar na cidade, evocando para isso um passado marcado pelo grande esforço despendido na produção de uma dieta pouco diversa e raramente farta. Manifestam, assim, um tipo de ambivalência, que caracteriza (e flexibiliza) as suas representações mentais do passado, enriquecendo ainda mais o panorama histórico que este artigo procurou sintetizar – e tornando um tanto mais desafiadora quanto fascinante qualquer tentativa de se compreender o histórico quilombola no Vale do Ribeira. **CH**

Sugestões para leitura

ADAMS C., MUNARI, L. I., VAN VLIET, N., MURRIETA, R. S. S., PIPERATA, B. A., FUTEMMA, C. R. T., PEDROSO Jr., N. N., TAQUEDA, C. S., CREVELARO, M. A., PRADO, V. L. S. ‘Diversifying incomes and losing landscape complexity in quilombola shifting cultivation communities of the Atlantic rainforest (Brazil)’, em *Human Ecology*, v. 41, n. 1, p. 119-137, 2013.

ANDRADE, T., PEREIRA, C. A. C., ANDRADE, M. R. O. *Negros no Ribeira: reconhecimento étnico e conquista do território*. 2ª ed. São Paulo, ITESP (Páginas e Letras - Editora Gráfica), 2000.

QUEIROZ, R. S. ‘Essa terra é santa, essa terra é nossa: a comunidade quilombola de Ivaporunduva e o direito de propriedade’. In ANDRADE, T. (org.) *Quilombos em São Paulo: tradições, direitos e lutas*. São Paulo, ITESP, 1997.

VALENTIN, A., MOTTA, J. F. ‘O primeiro sacramento – batismos de escravos em Iguape (1811-1850)’, em *Revista de História*, n. 171, p. 1410-174, 2014.

QUETAMINA E DEPRESSÃO

Prevista para ser a doença mais prevalente no mundo até 2020, a depressão afeta hoje 350 milhões de pessoas no mundo, é incapacitante, reduz a qualidade de vida e gera grande prejuízo econômico. Estima-se que 21% dos pacientes que sofrem do transtorno apresentam depressão resistente ao tratamento (DRT). Na busca por medicamentos que ajudem a tratar esses casos, desponta um anestésico que tem mostrado ação antidepressiva rápida e eficaz, diminuindo principalmente o risco de suicídio: a quetamina. Este agente, entretanto, vem sendo usado como droga recreativa – e ilícita – em várias partes do mundo, razão adicional para aumentar ainda mais os estudos sobre a quetamina.

Michelle N Levitan

Jose Carlos Appolinario

Antonio Egidio Nardi

*Ambulatório de Depressão Resistente ao Tratamento,
Instituto de Psiquiatria,
Universidade Federal do Rio de Janeiro*



A depressão é um transtorno mental grave e incapacitante que provoca um elevado impacto na saúde pública mundial. É considerada a quarta principal causa de incapacitação em todo o mundo e, segundo projeções da Organização Mundial de Saúde (OMS), em 2020 será a enfermidade mais prevalente do planeta, à frente do câncer e das doenças infecciosas.

Dados referentes à depressão no Brasil, que integraram o levantamento de vários transtornos psiquiátricos em comparação a 18 países, chamado São Paulo Megacity Mental Health Survey, feito em 2012, demonstrou que, no nosso país, pessoas jovens (de 18 a 34 anos) apresentam até cinco vezes mais chances de desenvolverem depressão do que o grupo com mais de 65 anos. Além disso, 10,6% da população apresenta um quadro depressivo ao longo de 12 meses.

Estimativas apontam para um custo econômico mundial da depressão de R\$ 2 trilhões até 2010, onde 37% das pessoas com a doença não fazem parte da população mundial econômica ativa. Um dado alarmante é que 15% dos deprimidos graves se suicidam (ver

'Comportamento suicida: vamos falar sobre isso?', em *CH* 342). Dessa forma, é necessário maior discussão e produção científica sobre a prevenção e o tratamento dessa enfermidade que ainda não consegue ser absolutamente tratada com as estratégias disponíveis atualmente.

Doença real A tristeza é algo que todos nós experimentamos. É uma reação normal aos momentos difíceis na vida e, geralmente, passa após curto espaço de tempo. Quando uma pessoa tem depressão, sua vida cotidiana e seu funcionamento normal são interrompidos. É uma situação difícil para o paciente e para aqueles que se preocupam com ele.

A depressão é uma doença real. Não é um sinal de fraqueza ou uma falha de caráter, dos quais simplesmente se pode "sair dessa". A maioria das pessoas que sofrem de depressão precisa de tratamento. Os sinais e sintomas, que devem ocorrer por pelo menos duas semanas, estão em 'Critérios diagnósticos para depressão em adultos'.

Atualmente, estima-se que a depressão atinja 350 milhões de pessoas no mundo e que 1 milhão delas acabe se suicidando. A preva-

>>>

Critérios diagnósticos para depressão em adultos

Humor deprimido ou irritado

Diminuição considerável do prazer ou interesse em atividades

Lentificação ou agitação motora

Mudança significativa no peso ou mudança de apetite

Alterações no padrão de sono

Fadiga ou perda de energia

Sentimentos de culpa ou desvalia

Diminuição da concentração e habilidade de tomar decisões

Pensamentos ou planos suicidas

FONTE: MANUAL DIAGNÓSTICO E ESTATÍSTICO DOS TRANSTORNOS MENTAIS, 5ª EDIÇÃO, 2013

lência é maior entre as mulheres, com uma proporção de 2 para 1 em relação aos homens. Nelas, o impacto negativo é 50% maior, independentemente do nível socioeconômico, atingindo em média adultas de 30 anos de idade.

Um estudo feito em 10 países em 1996 identificou uma maior frequência da depressão na população ocidental (3% de homens e 5,8% de mulheres) em relação à oriental (0,8% de homens e 2,3% de mulheres). No Brasil, uma em cada sete pessoas apresenta sintomas depressivos e uma em cada 12 sofre de depressão por pelo menos 12 meses, segundo dados do São Paulo Megacity Mental Health Survey.

Pessoas deprimidas têm pior qualidade de vida, são mais propensas a ter outras doenças e usar mais frequentemente os serviços de saúde. Adicionalmente, são menos produtivas e apresentam maiores taxas de absentismo. Tendem a apresentar comportamentos de alto risco, como uso de álcool e tabaco, um estilo de vida sedentário e hábitos alimentares pouco saudáveis.

Apesar de todos esses males causados pela depressão, a proporção de pacientes que procura tratamento ainda é baixa. Um estudo dos Estados Unidos constatou que apenas metade dos trabalhadores com a doença recebeu tratamento no ano em que a pesquisa estava sendo realizada e que menos da metade dos trabalhadores tratados recebeu tratamento coerente com as diretrizes locais de saúde. Nos países em desenvolvimento, essas taxas tendem a ser ainda menores.

Transtorno é tratável Mesmo nos casos mais graves, a depressão é um transtorno altamente tratável. Assim como para muitas doenças, quanto mais cedo o tratamento começa, mais eficiente ele será e maiores as chances de prevenir recorrências. Os tratamentos mais comuns são medicamentos e psicoterapia.

Os medicamentos são denominados antidepressivos. Atualmente, existe uma grande variedade de agentes antidepressivos (fluoxe-



tina, sertralina, escitalopram, venlafaxina, entre outros), que possibilita um tratamento efetivo da grande maioria dos quadros depressivos.

Os antidepressivos agem normalizando o funcionamento dos neurotransmissores (substâncias produzidas pelos neurônios com o objetivo de conduzir os impulsos nervosos), como a serotonina, noradrenalina, dopamina, entre outros. O tratamento medicamentoso deve se iniciar na fase aguda da depressão e prosseguir na fase de manutenção, mesmo após o alívio inicial dos sintomas. A medicação somente deve ser interrompida sob a supervisão médica. O profissional de saúde irá avaliar o tempo de uso dos antidepressivos, dependendo das características da própria depressão.

A psicoterapia também é um importante agente no tratamento da depressão. Vários tipos de psicoterapia podem ajudar pessoas deprimidas. Dois tipos – a cognitiva comportamental e a terapia interpessoal – têm se mostrado eficientes no tratamento da depressão. A primeira postula que são as nossas representações de eventos internos e externos, e não um evento em si, que determinam nossas respostas emocionais. A segunda baseia-se na ideia de que doença mental é resultado da interação de fatores biológicos e interpessoais.

Casos de resistência Embora hoje existam tratamentos eficazes para a depressão, considera-se que cerca de 20% a 40% dos pacientes deprimidos não melhoram completamente, mantendo sintomas residuais impactantes e, passam a apresentar o que é chamado de depressão resistente ao tratamento (DRT). Pacientes com DRT tendem a apresentar maior gravidade e duração da doença, com maior uso de medicações concomitantes, mais efeitos adversos dos antidepressivos e maior risco de suicídio.

Podemos considerar que grande parte do comprometimento causado pela depressão pode ser atribuído à sua forma resistente. De uma forma geral, consideramos que um indivíduo tem DRT se ele for incapaz de atingir

uma resposta terapêutica adequada, apesar de ter usado tratamentos antidepressivos em dose recomendada por um período mínimo de seis semanas.

Estima-se que 21% dos pacientes com depressão apresentam DRT. Outros problemas psiquiátricos, como transtornos de ansiedade e abuso de substâncias, assim como sobrepeso/obesidade, doença cardiovascular, dor crônica e diabetes do tipo 2, são frequentemente encontrados. No entanto, ainda existem poucos estudos acerca do curso e do prognóstico dos pacientes com DRT.

A busca por novos agentes Fármacos com novos mecanismos de ação que visam à melhora dos sintomas da depressão são alvos importantes de pesquisa. Alguns problemas mais significativos associados às medicações atuais são o tempo de latência (tempo necessário até que os efeitos benéficos se manifestem) para remissão de sintomas, a falta de eficácia esperada e, conseqüentemente, o risco de suicídio. As medicações disponíveis apresentam um intervalo longo de ação – algumas semanas de tratamento –, estendendo o tempo de sofrimento do paciente e aumentando o risco de tentativas de suicídio.

Um novo agente estudado que vem despertando muito interesse na comunidade científica é a quetamina, que é um antagonista dos receptores de glutamato do tipo NMDA (N-metil D-Aspartato). O glutamato é considerado o maior neurotransmissor excitatório do sistema nervoso central, e está envolvido no aprendizado, na memória, ansiedade, depressão, entre outros processos. Este agente vem sendo utilizado como anestésico e no tratamento da enxaqueca e da dor. Um conjunto de pesquisas mais recentes tem confirmado que a quetamina pode ser um tratamento bastante promissor para a DRT.

O mecanismo de ação desse agente na depressão ainda não é completamente esclarecido, mas parece envolver o glutamato. Este neurotransmissor está presente em circuitos cerebrais potencialmente envolvidos na depressão, e também desempenha importante

>>>

papel na regulação da plasticidade sináptica (capacidade do sistema nervoso de dar respostas adaptativas frente aos estímulos percebidos) no aprendizado e na memória, sendo encontrado em aproximadamente 80% dos neurônios.

A quetamina apresenta tolerância e segurança em baixas doses, e os eventos adversos mais observados são: o aumento temporário da pressão arterial e pulsação, secura, visão embaçada, tonteira e efeitos transitórios dissociativos. Nos estudos realizados até agora, ela vem sendo utilizada como alternativa de tratamento para substituir a medicação vigente ou como auxiliar no tratamento.

O diferencial da quetamina O grande diferencial da quetamina é a possibilidade de obter alívio rápido dos sintomas agudos e da ideação suicida, o que é grave na DRT. A maio-

ria dos estudos conduzidos utilizaram a substância em sua forma intravenosa, ou seja, por infusão.

O novo desafio é encontrar um formato mais simples, como a via intranasal, para alcançar os resultados esperados com mais fácil acesso pelos pacientes e profissionais de saúde.

Estudos conduzidos nos Estados Unidos com aplicação intravenosa de quetamina em baixas doses em pequenos grupos de pacientes mostraram um rápido começo de melhora dos sintomas depressivos (questão de horas, persistindo de três a 14 dias após a infusão), com 50% a 70% de eficácia. Durante a pesquisa, foram feitas quatro infusões em duas semanas ou seis infusões em três semanas, e o tempo médio para remissão dos sintomas foi de 18 dias após a última infusão.

As infusões devem ser repetidas com frequência que varia de acordo com cada paciente. A manutenção do ganho foi associada à repetição das infusões. Um dado relevante das pesquisas é que, após uma ou duas infusões de quetamina, já era possível prever o sucesso do tratamento. Ou seja, se não houve a melhora esperada no início do tratamento, não se justificaria uma nova série de infusões.

Uma pesquisa recente realizada pelo programa de transtornos de ansiedade e humor em Maryland (EUA) sugere que os efeitos na diminuição da ideação suicida com a quetamina, um dos grandes diferenciais desse fármaco, podem estar relacionados à melhora no funcionamento cognitivo emocional e no funcionamento executivo (por exemplo, na memória, flexibilidade cognitiva, no planejamento e na inibição comportamental). Dessa forma, a quetamina atuaria em redes neurais (no córtex pré-frontal) que estariam associadas tanto à depressão quanto a funções cognitivas.

O ponto negativo desses estudos é que a forma de administração, sem dúvida, é considerada muito invasiva pelos pacientes, demanda uma estrutura física hospitalar e agendamentos rígidos para sua realização, o que traz problemas em sua implementação.



FOTO: SHUTTERSTOCK/ANIC/ALBERTO LOPEZ

Quetamina intranasal Mais recentemente, a forma de liberação intranasal da quetamina vem sendo estudada e considerada promissora, embora ainda esteja em fase experimental. Medicamentos intranasais já são aprovados para o tratamento da doença de Parkinson, do autismo, da enxaqueca e de dores crônicas. Nesse formato, a medicação apresenta rápido mecanismo de ação, atuando diretamente no sistema nervoso central.

Em um pequeno ensaio clínico randomizado controlado com placebo, conduzido pelo Departamento de Psiquiatria do Hospital Monte Sinai, em Nova York (EUA), foi avaliada a depressão nas últimas 24 horas. Vinte pacientes deprimidos foram encaminhados para administração da quetamina intranasal (50 mg) ou de uma solução salina. Os autores relataram um efeito antidepressivo mais significativo da quetamina intranasal quando comparada ao grupo controle. Administrada dessa forma, ela também apresentou menos efeitos colaterais do que a via intravenosa.

Apesar do grande entusiasmo com os resultados até então encontrados, o uso de quetamina no tratamento da DRT ainda deve ser considerado experimental, pois, além do potencial de abuso, não há dados suficientes para estabelecer a prevalência de efeitos colaterais menos comuns, ou a segurança de longo prazo.

Outra limitação importante é a indução, em doses terapêuticas, de sintomas dissociativos na maior parte dos pacientes. Embora esses efeitos sejam transitórios e não requeiram a interrupção do tratamento para a maior parte dos pacientes, também são evidentes para o paciente e para a equipe assistente.

Riscos de abuso Em função dos potenciais sintomas dissociativos alucinógenos, a quetamina vem sendo usada como droga recreativa em várias regiões do mundo. Em 2008, 34 países rotularam a quetamina como substância controlada, número que subiu para 48 em 2009. Mais notavelmente, o abuso dessa droga tem aumentado nos últimos anos no Sudeste asiático. Em 2011, na China, foi a

terceira substância ilícita mais consumida, especialmente em combinação com outras drogas.

Atualmente, vem sendo utilizada com frequência como droga de abuso em clubes noturnos e *raves*, onde jovens buscam sensações amplificadas, combinando música eletrônica, uma 'maratona' de dança e drogas. Os usuários são atraídos pelos efeitos da droga, como elevação do humor, euforia, distorções visuais e auditivas, sensações eróticas, empatia, sensação de flutuação sobre o próprio corpo. Elas são conhecidas nesse meio por 'special k', 'vitamina k' ou simplesmente 'k'.

A quetamina pode trazer danos em importantes funções corporais, incluindo os tratos cardiovasculares, respiratório, gastrointestinal, reprodutivo, urogenital e sistema imunológico.

A quetamina é um agente promissor no tratamento da depressão e, quando administrada em dosagens adequadas, apresenta grande potencial para uso como antidepressivo de ação rápida e eficaz, diminuindo principalmente os riscos de suicídio. Quando os tratamentos disponíveis não conseguem atingir o sucesso esperado, a quetamina pode ser uma opção interessante, principalmente nos casos de depressão resistente ao tratamento. Mas é preciso tomar cuidado com o risco de abuso e dependência da substância. Além disso, é importante destacar que seu uso atualmente é experimental e sua prescrição para a depressão ainda não foi aprovada pelas agências regulatórias oficiais. **CH**

Sugestões para leitura

- BOBO, W. V., VOORT, J. L. V., CROARKIN, P. E., LEUNG, J. G., TYE, S. J., & Frye, M. A. 'Ketamine for treatment-resistant unipolar and bipolar major depression: Critical review and implications for clinical practice'. *Depression and Anxiety*, 2016.
- JACLYN S, JAMES W MURROUGH, IOSIFESCU DV. Clinical review Ketamine for treatment-resistant depression: recent developments and clinical applications. *Evid Based Mental Health* 2016, 19:35-38.



NOVAS FRONTEIRAS DA

Rafael Rios Moura

*Programa de Pós-graduação em Ecologia
e Conservação de Recursos Naturais,
Instituto de Biologia,
Universidade Federal de Uberlândia*

Luiz Filipe de Macedo Bartoleti

*Programa de Pós-graduação
em Genética e Biologia Molecular,
Instituto de Biologia,
Universidade Estadual de Campinas*

Vinícius L. G. Brito

*Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal,
Instituto de Biologia,
Universidade Federal de Uberlândia*

A noção de evolução que temos hoje, construída pela chamada síntese moderna em meados do século passado, uniu a teoria darwiniana à genética mendeliana. Desde então, outros mecanismos evolutivos foram descobertos e, mais recentemente, as discussões sobre uma nova sistematização dos conhecimentos sobre a evolução biológica têm dominado o meio acadêmico. As propostas dessa sistematização incluem muitos processos descobertos nas últimas décadas, mas outros ainda são deixados de lado.

Para tentar entender os mecanismos que controlam a modificação das espécies, o naturalista britânico Charles Darwin (1809-1882) acumulou evidências de observações e experimentos com espécies selvagens e domesticadas por décadas. Em seu livro *A origem das espécies*, lançado em 1859, sintetizou o que entendemos hoje por evolução e propôs um mecanismo principal que a promoveria: a seleção natural. Segundo ele, na natureza,

mentos em genética e nem poderia ter, uma vez que a genética se consolidaria apenas no início do século passado. A ausência desse conhecimento, aliada às implicações polêmicas de sua teoria para diversos setores da sociedade e à existência de hipóteses alternativas amplamente aceitas, fez com que a ideia da evolução por seleção natural fosse desacreditada por muito tempo.

O cenário começaria a se modificar com a redescoberta dos trabalhos do monge austríaco

TEORIA DA EVOLUÇÃO

há uma constante luta pela sobrevivência e os mais adaptados em cada ambiente serão aqueles que deixarão mais descendentes para a geração seguinte. As características que tornam os indivíduos mais adaptados seriam hereditárias e transmitidas para os seus descendentes e, com o passar das gerações, as espécies se modificariam por meio do acúmulo gradual de modificações nessas características.

A falta de conhecimento na época sobre como as características são passadas de uma geração para outra gerou muitas críticas às ideias de Darwin. Ele não tinha conheci-

co Gregor Mendel (1822-1884) no início do século passado. Com sua formação em áreas como física e matemática, em conjunto com seu interesse por botânica, Mendel fez cruzamentos controlados em ervilhas e identificou padrões nas características herdadas pelos descendentes, indicando que todas as características apresentavam um processo comum de herança. Assim, ele percebeu que as características hereditárias são determinadas por fatores que são passados de pais para filhos – os genes – e que a transmissão desses fatores obedece a determinadas regras, tornando o processo previsível e testável.

>>>

Resgate da teoria darwiniana As descobertas de Mendel propiciaram melhor entendimento do processo evolutivo e, com a compreensão dos mecanismos de herança, a teoria de Darwin voltou a ganhar força. Pesquisadores que trabalhavam com *Drosophila* (a mosca-das-frutas) em laboratório foram capazes de observar mutações surgindo espontaneamente e se espalhando nas populações. A partir de então, o processo evolutivo passou a ser interpretado no âmbito populacional, como sugerido inicialmente por Darwin. Os trabalhos de pesquisadores como o ucraniano Theodosius Dobzhansky (1900-1975) – que visitou o Brasil por quatro vezes entre 1943 e 1956 e trabalhou em colaboração com um grupo de geneticistas da Universidade de São Paulo –, os britânicos Ronald Fisher (1890-1962) e J.B.S. Haldane (1892-1964) e o norte-americano Sewall Wright (1889-1988) foram fundamentais para que a evolução passasse a ser interpretada como a mudança na frequência de alelos (variações nas sequências de um mesmo gene) em uma população de uma geração para outra.

Em linhas gerais, a teoria evolutiva se beneficiou muito da genética moderna, que propiciou um arcabouço de evidências a seu favor, mas, também, acabou se tornando uma teoria essencialmente focada em variações dos genes. A síntese moderna, em meados do século passado, cimentou o conhecimento obtido até o momento e ditou a noção de evolução que temos até hoje: um processo que começa com o surgimento de mutações genéticas ao acaso que determinam mudanças nas características dos indivíduos (fenótipos). Caso essas novas características forneçam algum benefício adaptativo, elas se espalham nas populações por meio da ação da seleção natural e podem levar à diferenciação entre populações, eventualmente dando origem a novas espécies.

No final do século passado, o avanço da genética molecular permitiu o estudo aprofundado do processo evolutivo, tornando

possível a identificação de outros fatores que o influenciam. A aleatoriedade, por exemplo, age no processo evolutivo alterando as frequências de alelos de algumas populações por mero acaso (deriva genética), e não por ação da seleção natural. Processos importantes como esse foram prontamente reconhecidos e agregados à teoria da evolução. A incorporação de novos conceitos demonstra que a síntese moderna é uma sistematização flexível da evolução biológica e, portanto, está aberta a mudanças, desde que elas sejam comprovadamente importantes para o processo evolutivo.

Em busca de uma síntese estendida

Na construção da síntese moderna, já havia a divulgação de ideias contradizendo alguns de seus princípios. Na década de 1950, os trabalhos do biólogo britânico C.H. Waddington (1905-1975) apontavam que mudanças nas formas dos seres vivos causadas por variações ambientais poderiam ser assimiladas e passadas entre gerações. Isso indica que os genes não são o único tipo de herança biológica existente.

O filósofo austríaco Karl Popper (1902-1994), por exemplo, disse que “a síntese moderna é estritamente uma teoria de genes, enquanto o fenômeno que deve ser explicado é aquele da transmutação da forma”. Desde a formação das primeiras células de um organismo até o final da sua vida, os genes interagem com o ambiente de maneira dinâmica para a construção do fenótipo. Essa interação é estudada pela biologia do desenvolvimento. Entretanto, essa disciplina foi excluída da síntese moderna ou, pelo menos, nenhum embriologista ou cientista do desenvolvimento quis participar. Tal exclusão prejudicou a compreensão de como o ambiente interage com o genótipo para a construção do fenótipo e de quanto essas modificações adquiridas podem ser herdadas pelos descendentes. Dessa maneira, alguns autores afirmam que a síntese moderna necessitaria de modificações ou, pelo menos, de uma expansão (ver ‘Novos conceitos da síntese estendida’).

>>>

NOVOS CONCEITOS DA SÍNTESE ESTENDIDA

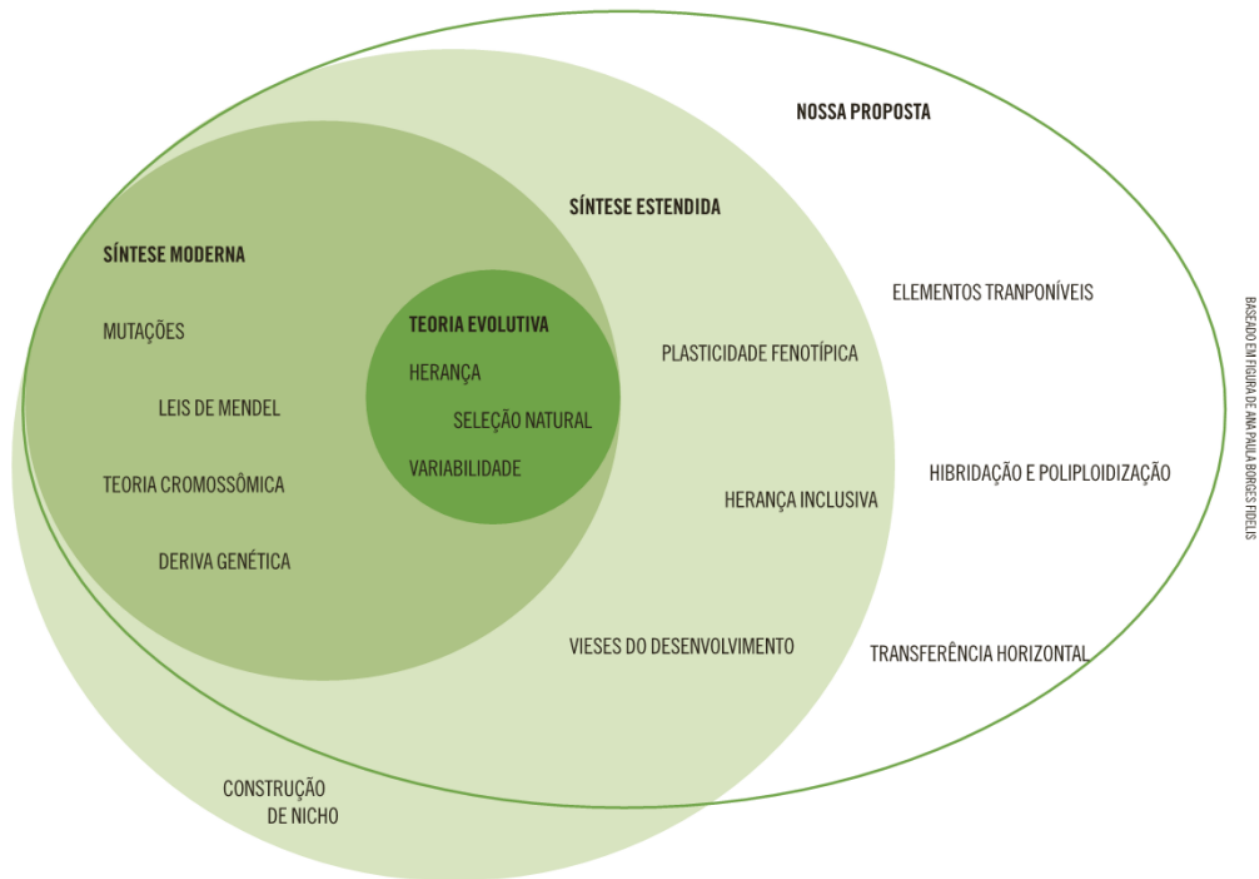
Plasticidade fenotípica — é a capacidade que um único genótipo tem de produzir vários fenótipos em resposta a diferentes condições externas. Por exemplo, o fenótipo de alguns animais pode variar de acordo com a presença de predadores, como ocorre nos crustáceos do gênero *Daphnia*. Na presença de predadores, esses pequenos animais produzem espinhos na sua carapaça que são úteis para defesa, mas não os produzem na ausência de predadores. Essa capacidade de produzir diferentes fenótipos em resposta a variações ambientais pode ter fortes implicações para a sobrevivência dos organismos e, conseqüentemente, enfraquecer a força da seleção sobre genes com efeitos plásticos. Portanto, plasticidade fenotípica é um mecanismo importante para explicar a variação fenotípica e genotípica das populações.

Viés do desenvolvimento — os genótipos têm o potencial de produzir milhões de fenótipos diferentes, mas há limitações. A seqüência do desenvolvimento dos organismos é predeterminada por uma rigorosa programação genética. Moscas, por exemplo, têm uma seqüência de desenvolvimento pré-programada: larva — casulo — mosca adulta. Por isso, os organismos vivenciam diferentes interações com o ambiente e outros seres vivos ao longo do seu desenvolvimento. Essas interações, portanto, podem enviesar a construção de cada fenótipo segundo as etapas do desenvolvimento e, conseqüentemente, alterar a história evolutiva dos organismos.

Herança inclusiva — outros tipos de herança, além da herança mendeliana, podem interferir na evolução do fenótipo. A herança epigenética, por exemplo, ocorre quando os pais transmitem para a prole características adquiridas ao longo do desenvolvimento que interferem na regulação dos genes por meio de mecanismos moleculares. A herança também pode ser maternal (por componentes do óvulo, como as mitocôndrias, e de hormônios pós-fertilização), paternal (por componentes bióticos ou abióticos providos pelos pais), bem como social (passada de pais para filhos ou entre indivíduos de um grupo, uma herança comum em animais). Nesse contexto, a herança inclusiva pode ser classificada em cinco níveis: genético, epigenético, parental, ecológico e social. Essa abordagem traz novas perspectivas sobre a formação dos fenótipos e, portanto, pode mudar nossa compreensão sobre a dinâmica da evolução biológica.

Construção de nicho — é bem conhecido que os organismos são capazes de mudar o ambiente e que isso pode aumentar suas chances de sobrevivência e reprodução. Entretanto, a síntese moderna ignora as implicações dessas modificações sobre as pressões seletivas que atuam sobre as próprias características desses organismos. Um exemplo clássico de construção de nicho é a capacidade das minhocas de construir galerias no solo. Essas galerias tornam o solo mais aerado e úmido, facilitando a respiração cutânea das próprias minhocas. Dessa forma, elas seriam capazes de mitigar os efeitos da seleção sobre esse tipo de respiração. Portanto, a construção de nicho, combinada aos demais mecanismos da síntese estendida, fortalece a ideia de que o fenótipo não é um resultado apenas da expressão genética, mas de interações entre os processos ecológicos, os estágios de desenvolvimento dos organismos e as pressões evolutivas a que eles estão sujeitos, criando uma dinâmica eco-devo-evolutiva.





BASEADO EM FIGURA DE ANA PAULA BORGES FIDELIS

Figura 1. Esquema destacando as principais ideias da teoria da evolução darwiniana, da síntese moderna, da síntese estendida e da proposta apresentada neste artigo

Construção de nicho e problema de intencionalidade

A síntese estendida ainda não foi amplamente aceita no meio acadêmico porque muitos pesquisadores questionam a validade de alguns dos processos propostos e alegam que outros processos já são contemplados pela síntese moderna. A construção de nicho é um dos mecanismos que gera controvérsias, pois pode levar à falsa interpretação de que os organismos têm a ‘intenção’ de regular as pressões de seleção que atuam sobre suas características. Entretanto, é verdade que a capacidade de modificar o ambiente cria um novo cenário evolutivo. No exemplo das minhocas, a capacidade de alterar a umidade do solo, de fato, enfraquece os efeitos da seleção sobre a respiração cutânea. Essa habilidade das minhocas gera um reforço positivo entre a evolução da respiração cutânea e o comportamento de construir ga-

lerias no solo. Entretanto, esse reforço é limitado pela capacidade das minhocas de tornar o solo úmido e pela eficiência da respiração cutânea em realizar trocas gasosas nas galerias. Portanto, entre a variação comportamental das minhocas, o grupo de organismos que equilibra melhor o gasto energético com a construção de galerias e a eficiência da respiração cutânea tende a ser favorecido por seleção. Esse pensamento é básico na teoria darwiniana. Além disso, os reforços positivos são comuns na natureza e, portanto, não são processos exclusivos da construção de nicho.

Ainda em relação a esse mecanismo, é correto afirmar que ele muda a seleção sobre um grande conjunto de atributos. Entretanto, outras adaptações mais simples têm o mesmo efeito, como o formato do bico dos tentilhões de Darwin nas ilhas Galápagos. Tentilhões com bico fino tiveram maior sucesso em se

alimentar em ilhas com muitos cereais, devido à habilidade de manipular sementes pequenas, enquanto tentilhões com bicos mais robustos foram bem-sucedidos em quebrar sementes em ilhas com predominância de plantas que produzem sementes maiores e duras. Essa simples mudança na morfologia do bico também modificou o canto dos tentilhões e permitiu que fêmeas distinguíssem entre machos bem e mal nutridos nas ilhas. Portanto, uma simples adaptação pode ter fortes implicações sobre a seleção de outros atributos dos organismos ao ponto de levar à especiação. Assim, a construção de nicho não parece ser um mecanismo evolutivo especial para merecer destaque na síntese evolutiva.

O que faltou na síntese estendida?


A síntese estendida deixou de lado outros mecanismos descobertos após a síntese moderna que afetam a variação genética das populações, como poliploidia, elementos transponíveis e transferência horizontal de DNA.

Frequentemente espécies distintas copulam e produzem híbridos, como a mula (híbrido de jumento com égua) ou a laranjeira (híbrido de pomelo com tangerina). Esses híbridos, normalmente, são inférteis, mas podem se tornar férteis caso haja uma duplicação do material genético na produção dos gametas. Esse fenômeno, conhecido como poliploidia, é comum em plantas, permite a origem de novas espécies e pode ter sido um passo fundamental para a evolução das angiospermas.

Novas adaptações também podem surgir a partir de regiões do DNA que se duplicam e se inserem em outras regiões. Os chamados elementos transponíveis geralmente têm efeitos deletérios por afetar a expressão de genes funcionais, mas também podem gerar novos genes com potencial adaptativo.

Por fim, outro caso curioso é a capacidade que as bactérias e os vírus têm de inserir seus genes no genoma de outras espécies – fenômeno conhecido como transferência horizontal ou lateral de DNA. Uma revisão publicada recentemente na *Genome Biology* aponta que moscas, anelídeos e primatas podem ter cen-

tenas de genes de origem bacteriana em seu genoma. Humanos podem ter até 128 genes bacterianos. Em um caso bizarro, uma bactéria *Wolbachia* inseriu todo o seu material genético (44 genes) no genoma da mosca *Drosophila ananassae*. O mais interessante nesse mecanismo é que todos os genes bacterianos inseridos são funcionais e, portanto, podem ter fortes consequências evolutivas para os organismos que os receberam. Assim, esses processos têm fortes implicações para a maneira como interpretamos a variação genética e fenotípica. Essas implicações podem, inclusive, mudar nossa ideia de árvore filogenética e nos fazer perceber que temos uma grande teia da vida.

Muitos biólogos e filósofos da biologia defendem que não há dificuldade, empírica ou conceitual, em interpretar os achados da biologia do desenvolvimento e de outras disciplinas à luz da síntese moderna. Porém, a multiplicidade de temas atuais relacionados à teoria evolutiva desafia a síntese moderna como um amplo programa de pesquisa. Nesse sentido, a proposta de sistematização da síntese estendida levanta uma discussão necessária para uma compreensão mais completa da evolução, mas ainda precisa ser pensada e repensada para garantir que estejamos contando uma história mais realista sobre a diversidade e a origem das espécies. 

Sugestões para leitura

FURTADO, G. & PESSOA, F. A. C. *Lições sobre 7 conceitos fundamentais da biologia evolutiva*. Brasília: Editora EDU-UnB, 2014, 142 p.

FRANCIS, R. *Epigenética: Como a ciência está revolucionando o que sabemos sobre hereditariedade*. Rio de Janeiro: Zahar, 2015, 264 p.

JABLONKA, E. & LAMB, M. J. *Evolução em quatro dimensões: DNA, comportamento e a história da vida*. São Paulo: Companhia das Letras, 2010, 512 p.

STIX, G. O legado vivo de Darwin. *Scientific American Brasil*, v. 300, n. 1, p. 38, 2009.

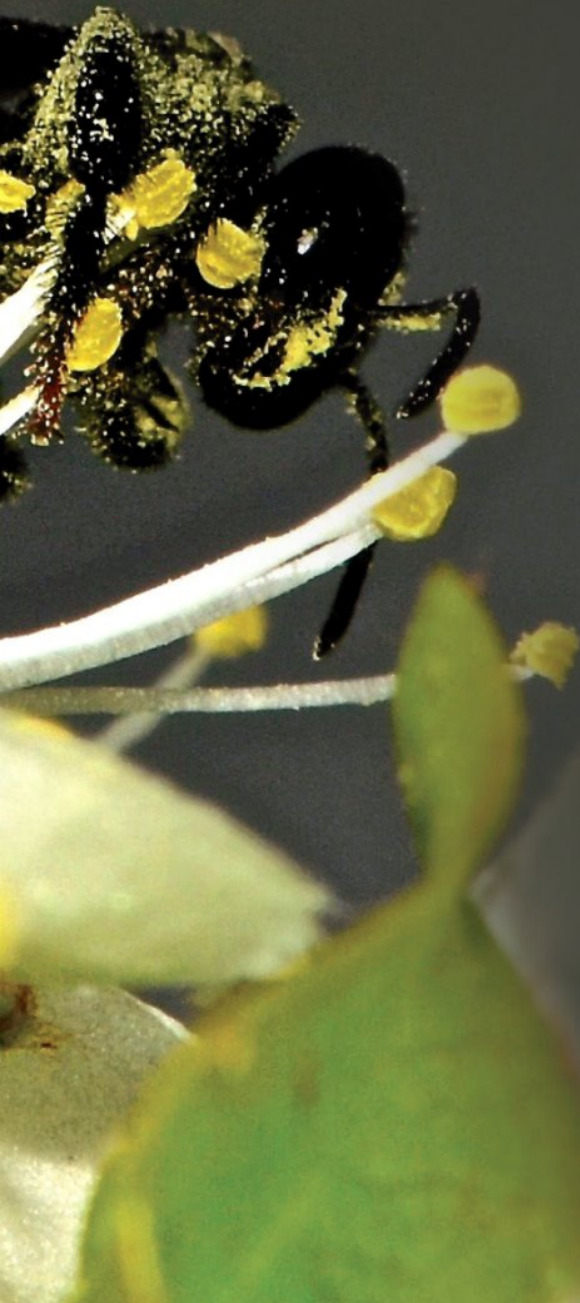
Desemaranhando a colina de Darwin



Figura 1. Abelha-cachorro (*Trigona* sp.) visitando uma flor de pitangueira (*Eugenia uniflora*) em uma varanda em Belo Horizonte. As várias espécies de organismos interagem entre si de maneira muito mais complexa do que se imagina

Na fictícia lua Pandora, do premiado filme *Avatar*, seres vivos das mais variadas espécies conectavam-se uns aos outros por meio de cabos biológicos. O mundo real não é muito diferente disso. A ciência está começando a desemaranhar a teia da vida e a entender como ela influencia desde colheitas até doenças.

Marco Aurelio Ribeiro Mello
*Laboratório de Síntese Ecológica,
Departamento de Biologia Geral,
Instituto de Ciências Biológicas,
Universidade Federal de Minas Gerais*



A colina emaranhada de Darwin No último parágrafo de *A origem das espécies* (1859), o naturalista britânico Charles Darwin já nos chamava a atenção para a rede de interações que existe na natureza: “É interessante contemplar uma colina emaranhada, vestida com muitas plantas de vários tipos, com pássaros cantando nos arbustos, com vários insetos voando por ela, e com vermes rastejando pela terra úmida, e refletir que essas formas elaboradamente construídas, tão diferentes umas das outras, e dependentes umas das outras de uma maneira tão complexa, foram produzidas por leis que atuam em torno de nós”. De certa forma, essa “colina emaranhada” se parece muito com a teia que conectava fisicamente várias espécies na lua fictícia Pandora, do premiado filme *Avatar*, dirigido por James Cameron em 2009.

Mas que colina seria essa? Acredita-se que Darwin fez referência à colina Downe, área no condado de Kent, perto de Londres, onde ele costumava contemplar e estudar a natureza. Hoje, ela é uma área protegida, candidata a patrimônio da humanidade. O ponto é que, nessa alegoria, Darwin apresenta uma instigante perspectiva, sugerindo que a seleção natural (um dos principais processos que levam ao surgimento de novas espécies) deveria ser estudada em um nível de complexidade superior, considerando várias espécies juntas.

Essa bela sugestão de Darwin permaneceu assim, apenas como uma sugestão, por muitas décadas.

Juntos e embolados Estudar sistemas formados por várias espécies que interagem está longe de ser uma tarefa fácil.

Imagine, por exemplo, que você gostaria de compreender a relação entre uma espécie de abelha e uma espécie de planta (figura 1).

>>>

Você precisaria juntar uma série de evidências – como um bom detetive – até poder montar uma tese sobre o caso, concluindo se a abelha beneficia, prejudica ou não faz diferença para a planta. Nessa investigação, você teria que responder pelo menos as seguintes perguntas: a abelha realmente poliniza a planta? A planta precisa mesmo do serviço dessa abelha ou conta com outros agentes polinizadores? O serviço que a planta recebe compensa o custo de atrair a abelha? A abelha poderia trapacear nessa relação, usando os recursos florais sem polinizar a planta?

É importante responder cada pergunta dessas com cuidado, pois a visão ingênua de que visitantes florais e plantas sempre se ajudam mutuamente não representa bem a realidade. Entender a relação entre um animal que se alimenta principalmente de fru-

tos (frugívoro) e uma planta seria igualmente complexo, pois há casos em que um mesmo bicho que come algumas sementes também dispersa outras (isto é, transporta-as para longe da planta-mãe até um local onde consigam germinar), em um processo que se chama dualismo ecológico (figura 2).

Estudar as relações entre três ou mais espécies traria mais complicações ainda. Um exemplo seriam os sistemas formados por plantas, insetos sugadores de seiva e formigas. Quem, entre aqueles que cultivam temperos, frutas e hortaliças em casa, nunca teve problemas com cigarrinhas, pulgões e cochonilhas? Esses animais, conhecidos como trofobiontes, sugam a seiva das plantas e produzem uma excreção conhecida como melada (*honeydew*), altamente nutritiva para outros animais. Algumas espécies de formigas se alimentam da melada e a consideram um

Figura 2. Esquilo (*Guerlinguetus ingrami*) se alimentando de um coquinho de palmeira na Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte





Figura 3. Uma formiga sarassará (*Camponotus crassus*) cuidando de uma cigarrinha-das-frutíferas (*Aethalion reticulatum*)

recurso tão valioso que chegam a pastorear os trofobiontes e defendê-los. Assim, por um lado, a presença de trofobiontes pode ser benéfica para a planta, porque as formigas que cuidam deles acabam espantando outros herbívoros. Por outro lado, alguns trofobiontes, como a cigarrinha-das-frutíferas, podem ser vetores de doenças para a planta (figura 3). Como supostamente diria um famoso detetive: “um caso nada elementar, meu caro Watson”.

Voltando ao primeiro exemplo, o cenário descrito poderia ir além dos polinizadores e plantas. Poderíamos considerar também os predadores dos polinizadores. Isso criaria pressões ainda mais complexas do ponto de vista do polinizador, pois envolveria buscar alimento, prestar um serviço à planta para ser recompensado (em uma escala de tempo evolutiva) e tomar cuidado para não ‘morrer na praia’ (figura 4).

Já no segundo caso, e se, além dos suspeitos mencionados, incluíssemos os parasitoides dos trofobiontes e das formigas, como moscas e vespas que colocam ovos em insetos e os escravizam como comida-viva para suas larvas? Também não poderíamos deixar de fora os predadores de todos esses animais, como aves e morcegos. Haja ciência para dessemearhar essa teia!

Apenas estudos aprofundados sobre taxonomia, história natural, fisiologia, comportamento, teoria ecológica, teoria evolutiva e modelos matemáticos podem nos ajudar a ligar os pontos e entender e prever o resultado final de um sistema de interações.

Redes ecológicas Essa abordagem fracionada, que visa entender a “colina emaranhada” de Darwin fio por fio, vem sendo usada por detetives acadêmicos desde a Antiguidade. Teofrasto, discípulo de Aristóteles,

>>>

publicou, no século 3 a.C, um livro em que já relatava as observações do seu mentor a respeito das relações entre abelhas e plantas. Porém, infelizmente, até o século 19, a teia da vida permanecia completamente emaranhada por falta de ferramentas.

Mas, em 1880, o biólogo italiano Lorenzo Camerano (1856-1917) teve uma sacada genial: por que não juntar as pistas de forma mais integrada? Ele resolveu usar, no estudo das relações entre predadores e presas em lagos, a teoria dos grafos (ver 'Redes complexas: modelagem simples da natureza', em CH 213), ramo da matemática que investiga as interações entre os objetos de um conjunto e é usado como ferramenta conceitual e analítica em várias ciências.

Iniciou-se então a abordagem de redes em ecologia. Essa nova visão teve um pico de interesse nas décadas de 1940 e 1950, voltou à moda nos anos 1970 e 1980 e, a partir dos

anos 2000, renasceu e se expandiu de forma exponencial, graças principalmente aos esforços dos biólogos espanhóis Pedro Jordano e Jordi Bascompte. O estudo das interações ecológicas nunca mais foi o mesmo.

Começamos a perceber padrões interessantes em pequenas partes da teia da vida, que surpreendentemente se repetiam em redes de computadores, redes sociais e redes de epidemias. Por exemplo, está ficando cada vez mais claro que muitas redes mutualistas (formadas por relações benéficas para seus membros) não são sistemas uniformes, mas um complexo de diferentes 'tribos' (ver 'Redes mutualistas: pequenos mundos de interações entre animais e plantas' em CH 277). Trocando em miúdos, elas são como as redes sociais em que vivemos: um conjunto de 'tribos sociais' conectadas entre si por pessoas muito populares. Apesar de nos vermos como parte apenas da tribo com a qual

Figura 4. Aranha papa-moscas espreitando os visitantes das flores de uma sempre-viva (*Paepalanthus* sp.) no Parque Nacional da Serra do Cipó (MG)



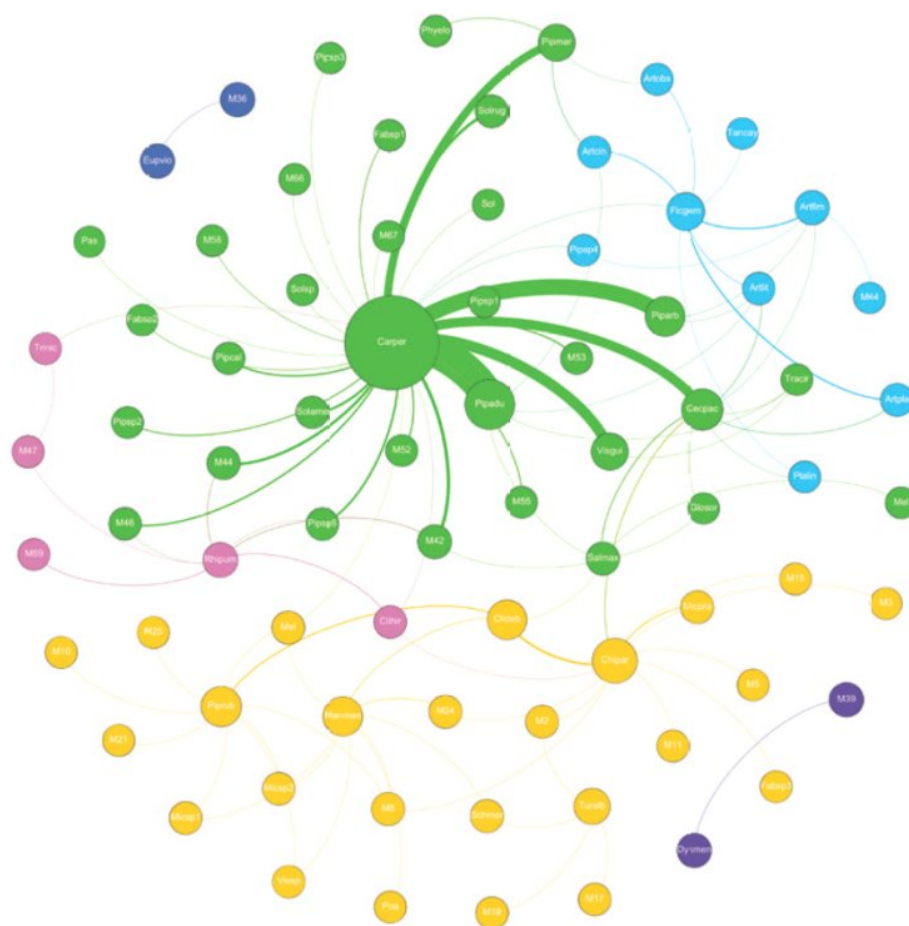


Figura 5. Rede ecológica de uma camada, com várias espécies de morcegos, aves e plantas estudadas na mata de Coimbra, em São José da Laje (AL). As linhas que ligam as espécies representam a dispersão de sementes e, quanto mais grossas, maior a frequência da interação. As espécies mais importantes para a estrutura da rede estão representadas por símbolos maiores; as que fazem mais conexões ou conectam 'tribos' diferentes estão mais ao centro da rede. As espécies que interagem mais entre si do que com outras, formando 'tribos', estão agrupadas por cores

temos mais afinidade, estamos todos em média a seis graus de separação uns dos outros, ou seja, apenas seis relações sociais, em média, nos separam uns dos outros na Terra.

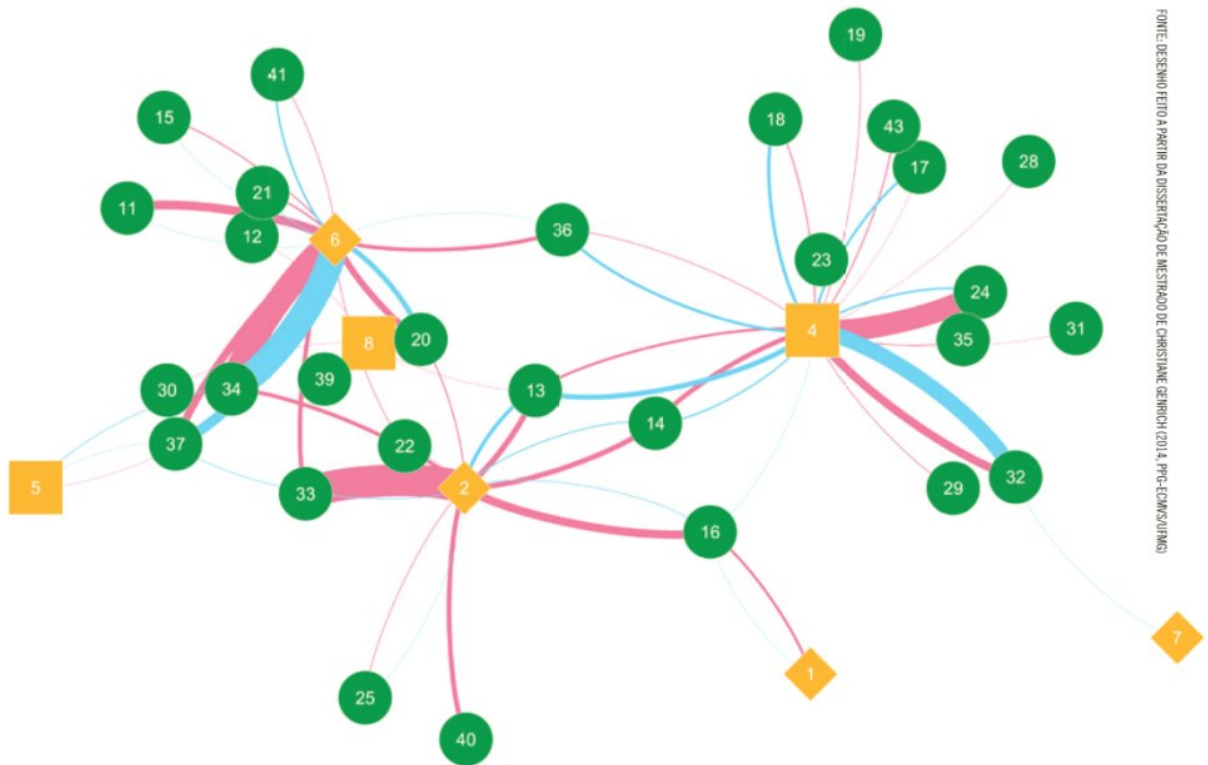
Assim como há pessoas que circulam nas mais variadas tribos sociais, há espécies que circulam em diferentes tribos ecológicas. Em um estudo publicado por nosso grupo em 2014 na revista *Zoologia* (v. 31, n. 3), descobrimos que uma comunidade formada por interações de dispersão de sementes contém pequenas 'tribos' de aves e morcegos, sendo que algumas espécies 'populares' conectam esses mundos (figura 5).

Outro padrão muito comum em redes ecológicas é que, apesar dos poucos graus de separação, alguns elementos são mais importantes do que outros para manter a estrutura do sistema, e é possível entender quais características lhes conferem essa importância, como descobrimos em outro estudo, publicado em 2015 na revista *Oikos* (v. 124, n. 8).

Teia da vida em 50 tons de cinza

Ainda há uma importante lacuna a ser preenchida: temos estudado apenas um tipo de interação de cada vez, como detetives que não conseguem juntar categorias diferentes de pistas. Sabemos, contudo, que as interações ecológicas não são em preto e branco, mas têm tons de cinza: uma associação supostamente positiva, em alguns casos, pode se tornar negativa e vice-versa.

Um estudo liderado por Julieta Genini e publicado em 2010 na revista *Biology Letters* (v.6, n.4) analisou redes que continham interações positivas e negativas (polinização, roubo de néctar e roubo de pólen) entre animais e flores de diversas espécies de plantas. Os resultados mostram que nem todos os visitantes florais polinizam a planta; alguns apenas roubam seus recursos ou até 'deprezam' a flor; e as redes formadas por cada estratégia têm estrutura diferente. Outro estudo, liderado por Alix Sauve e publicado em



FONTE: DESENHADO A PARTIR DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE CHRISTIANE GENRICH (2014, PRO-ECOLOGIA)

Figura 6. Rede ecológica multicamada, com várias espécies de roedores (losangos), marsupiais (quadrados) e plantas (círculos) estudadas no Parque Municipal das Mangabeiras, em Belo Horizonte. Uma mesma espécie de mamífero é capaz de destruir (rosa) ou dispersar (azul) as sementes de uma mesma espécie de planta, formando as duas camadas da rede. Quanto mais grossa a linha, mais frequentemente as duas espécies interagem. As espécies que fazem mais conexões ou conectam 'tribos' diferentes estão mais ao centro da rede

2014 na revista *Oikos*, deu um passo além e fez a primeira investigação da literatura científica de uma rede dual (com dois tipos de interação: polinização e herbivoria): um sistema formado por plantas, polinizadores e herbívoros cuja estrutura e robustez diferem daquelas de redes unicamada (com apenas um tipo de interação).

Esses e outros estudos abriram caminho para a tendência do momento: as investigações de redes multicamada. Em 2014, uma onda de trabalhos teóricos formalizou a matemática necessária para esse tipo de pesquisa. Em uma rede multicamada, duas

espécies podem se conectar entre si por dois ou mais tipos de interação. Portanto, esses novos modelos podem retratar padrões muito mais parecidos com os que vemos na natureza.

Assim, a colina emaranhada de Darwin começa a ser analisada como ele havia sugerido: considerando todos os tipos de interação que várias espécies têm entre si. Como parte dessa tendência, um estudo do nosso grupo liderado pela pós-graduanda da UFMG Christiane Genrich e que será publicado em 2016 na revista *Oikos* descreveu pela primeira vez uma rede multicamada

formada por plantas e mamíferos frugívoros. Nessa rede, estudamos como marsupiais e roedores desenvolvem relações ambíguas com plantas, ao mesmo tempo dispersando e destruindo sementes, em uma teia de relações duais que torna obsoletos rótulos simplistas como ‘mutualista’ ou ‘antagonista’ (relação em que uma espécie prejudica outra), visão tradicional na literatura (figura 6).


Em outro estudo de nosso grupo, a ser publicado em 2016 na revista *Plos One* e liderado pela também pós-graduanda da UFMG Fernanda Costa, investigamos uma colina ainda mais emaranhada, com foco em cinco tipos de interações, relacionadas à alimentação fornecida pelas plantas e consumida por formigas: produtos florais (néctar, pólen e óleo), néctar extrafloral, frutos, melada de trofobiontes e visitas neutras às plantas. O resultado é uma rede com cinco camadas, em que poucas espécies de formigas se destacam por interagirem com várias outras espécies ou ligarem ‘tribos’ diferentes em todos os tipos de interações, em quase todas as áreas estudadas e em todas as estações do ano.

Ciência básica e aplicada Algumas pessoas podem perguntar: qual é a relevância de se investigar a teia da vida? Primeiro, é preciso destacar a importância da ciência básica, sem a qual os outros tipos de ciência não se desenvolvem. Além disso, os resultados apresentados aqui têm aplicações claras.

Uma delas ocorre em casos de lavouras atacadas por pragas agrícolas, problema que muitos agricultores tentam resolver com agrotóxicos, que prejudicam o ambiente e os animais, inclusive os humanos. Estudos de história natural associados a modelos de redes multicamada tornariam muito mais fácil planejar a recuperação dessas lavouras ou mesmo salvar um pé de manjerição na horta de casa. Entender essas mesmas relações intrincadas pode também ajudar a salvar as abelhas, ameaçadas de extinção, dentre outros fatores, pelo uso de pesticidas, o que compromete várias lavouras que dependem

delas. Cabe lembrar ainda que a teia de relações positivas e negativas entre frugívoros e plantas determina, por exemplo, o sucesso de um plano de restauração de uma floresta degradada.

O mesmo vale para o estudo de doenças emergentes, que se tornaram pandemias devido a distúrbios ambientais que alteraram a estrutura das redes ecológicas de que muitos vírus e bactérias antes pouco conhecidos participavam, e também devido a mudanças na própria rede social dos humanos, como nos casos recentes de ebola, gripe aviária, hantavirose e zika. Mesmo a malária, nossa velha conhecida, começa agora a ser investigada combinando ecologia teórica e parasitologia no nosso grupo de pesquisa, em um estudo liderado pelos pós-graduandos da UFMG Gabriel Felix e Rafael Pinheiro e publicado na revista *International Journal for Parasitology* em 2016.

Dessa forma, a abordagem de redes, especialmente com os novos modelos multicamada, desponta como ferramenta poderosa, que nos ajuda não apenas a entender o nosso lugar na teia da vida, mas também a remendar partes dela que nós mesmos destruimos. 

Sugestões para leitura

BARABÁSI, A.-L. *Network science*. Cambridge: Cambridge University Press, 2015, 1ª ed., 498 p. Disponível em: <http://barabasi.com/networksciencebook/>.

BASCOMPTE, J.; JORDANO, P. *Mutualistic networks*. Princeton: Princeton University Press, 2014, 1ª ed., 224 p.

BRONSTEIN, J. L. *Mutualism*. Oxford: Oxford University Press, 2015, 1ª ed., 320 p.

NA INTERNET

Site do Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre Universidade Federal de Minas Gerais: <https://www.ufmg.br/pos/ecologia/>

Projeto Interface da USP: <http://ecologia.ib.usp.br/projetointerface/hantavirose.html>

Um mapa dos solos do país

PROGRAMA PRETENDE ESTUDAR TODO O TERRITÓRIO BRASILEIRO EM ATÉ TRÊS DÉCADAS

O país se prepara para ter um novo ‘mapa’ dos solos brasileiros. O mapeamento, com diferentes graus de detalhamento, permitirá gerar dados para o subsídio de políticas públicas, assim como para orientar a agricultura e apoiar decisões de crédito agrícola, entre outras ações. Coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos) envolverá diversos ministérios e órgãos federais e deve mapear todos os solos do país em até 30 anos.

Segundo um dos organizadores do programa, o agrônomo Amaury de Carvalho Filho, da Embrapa Solos, hoje apenas uma pequena parte do país (cerca de 5%) conta com mapas de solos em escala 1:100 mil ou com maior grau de detalhamento. Além disso, os dados de solos disponíveis encontram-se dispersos e de difícil acesso à sociedade, o que limita ainda mais sua utilização.

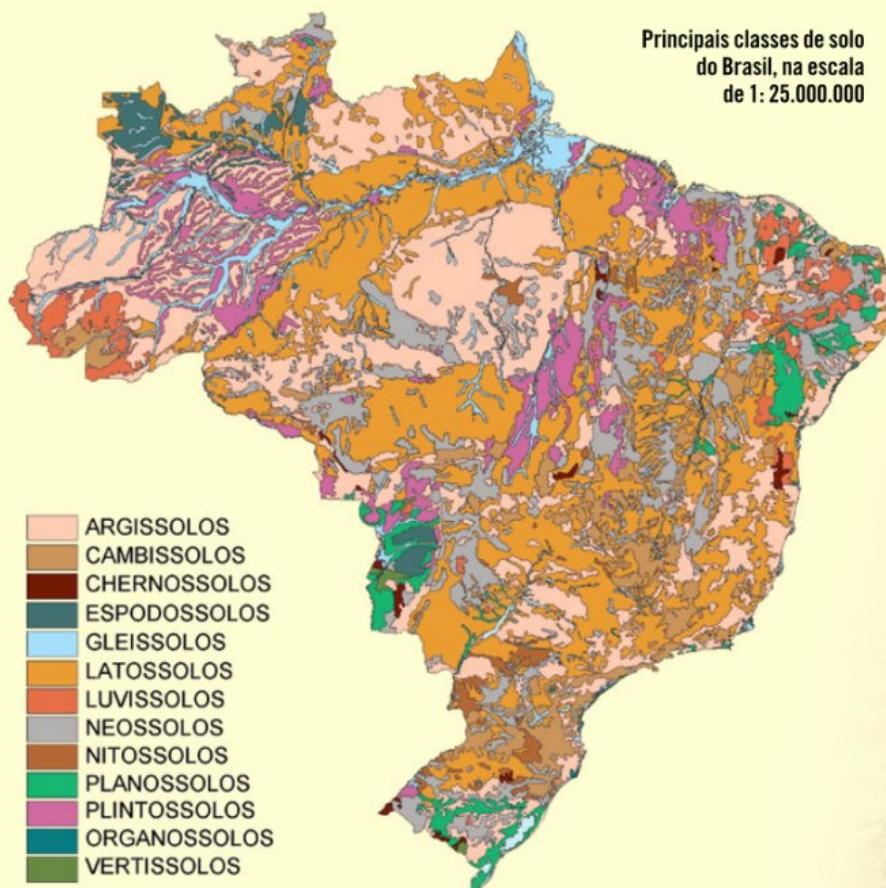
“Os levantamentos pedológicos (estudos de identificação, caracterização e mapeamento de solos) começaram a ser feitos na década de 1950 no Brasil, para atender às necessidades prementes de planejamentos de caráter regional, abrangendo grandes extensões territoriais”, esclarece Carvalho Filho. “Mas, com as limitações de ordem financeira e de pessoal especializado, poucos foram os trabalhos realizados em escala de maior detalhe, o que dificulta o reconhecimento de sua utilidade e importância estratégica. Por essa razão, e uma série de outros fatores, a partir do início da década de 1990, os

levantamentos sistemáticos de solos, planejados em âmbito federal ou estadual, foram descontinuados”, relata.

O agrônomo da Embrapa ressalta que esse tipo de mapeamento é imprescindível para direcionar as atividades agrossilvipastoris e de preservação ambiental, além de ser importante para outros propósitos, como a construção de estradas, a localização de cidades e áreas de deposição de resíduos e o auxílio a trabalhos de geologia.

O PronaSolos está orçado em R\$ 5,5 bilhões de reais e deve gerar ganhos para

o país já em uma década. “O mapeamento de solos contribui para gerar riquezas tanto de forma direta – como por meio do aumento da produção agrícola e da maior eficiência no uso de insumos – quanto de forma indireta, assegurando a preservação ambiental e de recursos naturais”, aponta Carvalho Filho. “Assim, os resultados obtidos com o programa contribuirão de forma significativa para o desenvolvimento do país em bases sustentáveis, além de permitirem orientar as políticas públicas em todo o território nacional e integrar ações



FOTOS EMBRAPA SOLOS



Solo bem manejado com cultivo de hortaliças sob sistema de plantio direto em Nova Friburgo (RJ)

de diversas instituições públicas, economizando esforços e recursos.”

O PronaSolos tem longa duração e está previsto para ser feito em três etapas, de curto (0 a 4 anos), médio (4 a 10 anos) e longo prazos (10 a 30 anos), com metas de trabalho distintas. Segundo o pesquisador da Embrapa, na primeira fase, serão estudados solos em áreas prioritárias, com os resultados iniciais previstos para cerca de dois anos. Pretende-se, nessa etapa, fazer o levantamento de solos e as interpre-

tações associadas para cerca de 430 mil km², equivalentes às áreas dos estados de São Paulo e Paraná somadas. Na segunda fase, a meta é estender o mapeamento de solos a mais 1,3 milhão de km² de terras agricultáveis (área equivalente à da região Nordeste) e, na terceira fase, a previsão é mapear 1 milhão de km² em escala 1:50.000, 250 mil km² em escala 1:25.000 e 6,9 milhões de km² em escala 1:100.000 (cada centímetro do mapa corresponde a um quilômetro no terreno).

Como o país ficou longo tempo sem fazer esse tipo de mapeamento, um dos principais desafios do programa, para Carvalho Filho, é qualificar pessoal e constituir um corpo técnico adequado. “Outro desafio primordial é garantir os recursos financeiros para seu desenvolvimento ao longo desses 30 anos”, destaca.

Solo sofre erosão em plantio de café no estado do Rio de Janeiro



A caça e o manejo de espécies

RÔMULO RIBON

Departamento de Biologia Animal,
Universidade Federal de Viçosa

Muitas espécies não caçadas podem se beneficiar da manutenção de ambientes para espécies com interesse de caça. Um galito (*Alectrurus tricolor*), espécie ameaçada de extinção no Brasil e criticamente em perigo no estado de São Paulo, assiste à terra recém-arada avançando sobre seu hábitat, o campo cerrado. A conservação da área à esquerda para o manejo de perdizes e codornas auxiliaria na manutenção da espécie

O Brasil rural inteiro caça. É uma prática cultural e profundamente arraigada. Se alguém duvida disso, basta conviver um pouco mais com comunidades rurais, quilombolas, assentamentos agrícolas, comunidades indígenas, a diuturna lida de funcionários e gestores de unidades de conservação (UC), ou com pessoas de pequenas, médias e grandes cidades que têm parentes ou propriedades no meio rural. O canal na internet YouTube também está repleto de vídeos de caçadas no Brasil. Quem nega essa realidade está totalmente desconectado da vida dos cerca de 30 milhões de brasileiros

que vivem fora das cidades e de tantos que transitam entre áreas rurais e urbanas.

O Brasil rural inteiro caça, mas caça errado. Aqui, pratica-se, na maioria das vezes, a caça predatória, sem embasamento científico e sem os necessários cursos de educação dos caçadores. A caça regulamentada, cientificamente embasada, não existe hoje no país. Aqui, a palavra 'caça' serve tanto para *poaching* (caça predatória) como para *hunting* (caça regulamentada). A primeira é insustentável e predatória. A segunda é sustentável e geradora de empregos, riquezas e gran-

FOTO: ORIO ALBANO/NE BRAZIL BIRDING

É ilusão pensar que conservação se faz apenas com unidades de conservação e legislações punitivas, restritivas e sem estímulo aos proprietários rurais, alijando-os do mecanismo de conservação e colocando-os como expectadores que apenas cumprem ordens

de conservadora do hábitat para espécies caçadas e não caçadas.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) reconhece a caça esportiva e regulamentada como um eficaz sistema de conservação de espécies e hábitats. Também a reconhece como forma de controle de algumas espécies que, sem o abate, se tornariam pragas ou causadoras de acidentes. Além disso, reconhece a prática da caça como geradora de empregos e riqueza.

Países mais desenvolvidos, e outros de nível socioeconômico semelhante ou mesmo abaixo do que o do Brasil, têm a caça de várias espécies regulamentada: África do Sul, Alemanha, Botswana, Canadá, Espanha, Estados Unidos, França, Itália, Japão, Namíbia, Portugal e Turquia, para citar alguns. Na América do Sul, países como Argentina, Chile, Guiana e Uruguai têm a caça regulamentada há décadas. O Peru o fez em 2015.

EXEMPLOS E CONTRAEXEMPLOS A caça pode recuperar populações de espécies localmente extintas. Um exemplo marcante é aquele do peru (*Melleagris gallopavo*), nativo da América do Norte e extinto no estado de Wisconsin (EUA) nos anos 1930. Apenas em 1976 pesquisado-

Os perus-selvagens foram extintos no estado de Wisconsin (EUA). Reintroduzidos e devidamente manejados por caçadores, proprietários rurais, pesquisadores e extensionistas, somam hoje cerca de 1,2 milhão de aves no estado e são regularmente caçadas

res, caçadores, técnicos do Departamento de Recursos Naturais do estado e proprietários rurais conseguiram a reintrodução de 45 aves. Protegidos, pesquisados e com o hábitat devidamente protegido e manejado visando sua caça no futuro, os perus somam hoje cerca de 1,2 milhão de indivíduos, com sua caça permitida anualmente.

Recuperação semelhante ocorreu com muitas espécies de patos, marrecos e gansos por meio de programas como o *Duck Stamp* (selo do pato), vigente até hoje, cujos recursos são integralmente investidos em pesquisa e manejo das populações e hábitats. Não fosse o interesse dos caçadores e a visão de parte da fauna como recurso natural renovável, nenhum desses programas teria ido adiante, e a fauna norte-americana estaria tão degradada quanto a nossa.

Contrastando com o caso dos perus selvagens de Wisconsin temos

um emblemático mau exemplo no Brasil. Após uma década de estudos por universidades paulistas, com apoio financeiro de órgãos públicos e da Associação Brasileira de Caça, o oeste do estado de São Paulo estava mapeado para o início da primeira temporada de caça regulamentada. A perdiz, ou perdigão (*Rynchotus rufescens*), era uma das espécies a serem exploradas. O embasamento para a experiência foi publicado em 1985 no livro *Caça e conservação*, editado por aquela associação. Mesmo apoiada em dados técnicos, em 1989 a Constituição do Estado de São Paulo foi taxativa em seu artigo 204: “Fica proibida a caça, sob qualquer pretexto, em todo o estado”.

Com a caça regulamentada, milhares de hectares de cerrado poderiam ter sido mantidos para o manejo da fauna cinegética (espécies da fauna que são comumente caçadas, com ou sem ajuda de cães).

>>>





FOTOS: RICHARDO PEREIRA

Populações dizimadas e em forte declínio no início do século 20 nos Estados Unidos foram recuperadas e hoje somam milhões de indivíduos, como esses gansos-do-canadá (*Branta canadensis*), próximo ao lago Michigan, Milwaukee, Wisconsin. A recuperação dessas populações deu-se graças à ação conjunta de caçadores e do programa conservacionista *Duck Stamp* (selo do pato), que recuperou ou salvou milhões de hectares de áreas naturais onde as aves se reproduzem

Como consequência, populações maiores de outras espécies de aves, plantas e todo tipo de organismo associado ao cerrado seriam mantidas, além dos vários serviços ambientais.

Enquanto os preservacionistas (alguns de última hora, incluindo muitos políticos sem base técnica) comemoravam a aparente vitória “para defender a natureza”, os cer-

rados paulistanos foram sendo devastados pela soja e cana-de-açúcar. Resultado: a perdiz está hoje na categoria ‘vulnerável’, listada como ameaçada de extinção no estado de São Paulo. O mesmo deve ter ocorrido com outras espécies do cerrado paulista e pode estar ocorrendo, de forma silenciosa, com muitas espécies em vários estados do país.

No Brasil, o único estado que tinha a caça regulamentada era o Rio Grande do Sul, proibida após recente embate jurídico movido por associações protetoras dos animais. Tal proibição somente foi possível devido ao limbo jurídico da nossa Constituição Federal. Com isso, caçadores brasileiros que caçavam de forma correta naquele estado têm ido caçar na Argentina e no Uruguai, deixando lá milhares de reais que poderiam ser gastos aqui, fomentando pesquisa e conservação de habitats, gerando empregos e fortalecendo nossa economia.



Milhões de hectares estão altamente degradados, já desertificados ou em desertificação no Brasil, como essa baixada de inundação e uma lagoa marginal no rio Jequitinhonha, próximo a Itaobim (MG), e o morro erodido em Abre Campo (MG). Produtores rurais teriam muito mais interesse em sua recuperação caso algumas espécies da fauna associada a esses ambientes, como patos, jacus, inhambus, codornas e perdizes, pudessem ser aproveitadas como fonte de proteína e lazer, de forma regulamentada e cientificamente planejada. Além da fauna, o ganho com serviços ambientais, como a maior infiltração de água no solo, seria um benefício extra importantíssimo

CONFORTO APARENTE O poder público vive em aparente conforto por sua inércia ao não regulamentar a caça esportiva em vários estados, conforme prevê a legislação federal brasileira, ou mesmo ao proibi-la, como em Mato Grosso, Pernambuco e São Paulo. Apesar disso, como já dito, o Brasil rural inteiro caça – mas caça errado e de forma predatória. O principal motivo disso é a não-regulamentação, que impede que agrônomos, biólogos, engenheiros florestais, veterinários, zootecnistas, uma massa crítica razoável de mestres e doutores em ecologia e áreas afins, e universidades atuem profissionalmente para contribuir com a questão, melhorando nosso sistema de conservação e adotando o uso sustentável de recursos naturais para girar mais a economia do país.

É ilusão pensar que conservação se faz apenas com unidades de conservação e legislações punitivas, restritivas e sem estímulo aos proprietários rurais, alijando-os do mecanismo de conservação e colocando-os como expectadores que apenas cumprem ordens. Detentores da maioria das terras mais produtivas do país, eles têm a possibilidade de contribuir muito para a manutenção e recuperação de populações de muitas espécies no Brasil – sejam as ‘caçáveis’, por interesse óbvio na proteína animal e o contato com a natureza, sejam os milhares de outras, por se beneficiarem indiretamente da manutenção de habitats nativos. Negar isso, é negar o conhecimento mundial sobre os benefícios da caça regulamentada como instrumento conservacionista e jogar para o Estado toda a responsabilidade da conservação no país. Uma receita fadada ao fracasso, como temos visto.




Capivaras aumentam suas populações, especialmente no Sudeste do Brasil, trazendo problemas como o incômodo de carrapatos em espaços públicos, podendo transmitir a febre maculosa, que pode ser letal. Causam ainda sérios prejuízos a proprietários rurais. Seu controle por métodos não letais é inócuo

Praticamente sem outra possibilidade de usarem suas terras além da agricultura, a pecuária e a silvicultura com espécies exóticas, produtores rurais têm pouco interesse, por livre e espontânea vontade, em deixar parte de suas propriedades para a fauna silvestre. A exceção são os que criam Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN), um luxo para a maioria dos que realmente vivem do fruto de suas terras.

O Brasil tem milhões de hectares de solos degradados, rios morrendo e, atualmente, milhões de jovens desempregados, situação semelhante à vivida pelos Estados Unidos no auge da Grande Depressão (1929). A solução encontrada pelo governo Franklin Delano Roosevelt para aliviar tantos problemas foi a criação dos *Civilian Conservation Corps* (CCC's), programa de empregos que funcionou de 1933 a

1942. Orientados por técnicos e professores de universidades, agências federais e estaduais de meio ambiente, e sob a coordenação do Exército, jovens de todo o país recebiam salário mensal para recuperar propriedades, florestas, solos, ribeirões e córregos degradados e para construir a magnífica infraestrutura até hoje existente nas unidades de conservação norte-americanas.

A recuperação dos habitats visava também a recuperação da fauna para uso como recurso natural renovável, liderada inicialmente por Aldo Leopold (1887-1948), um dos grandes nomes da conservação e preservação da natureza. Funcionou. Na atual crise por que passa o país, talvez estejamos no momento certo para repetir uma das experiências mais bem-sucedidas de conservação no mundo. 





UM DESASTRE ROMANCEADO

Com todos os elementos do cinema-catástrofe, filme *Horizonte profundo* perde a oportunidade de tocar em questões políticas e ambientais cruciais

O FILME *Horizonte profundo* – *Desastre no Golfo* é baseado em um evento real – a explosão, o incêndio e o naufrágio da plataforma *Deepwater horizon*, no Golfo do México, em 2010, resultando em 11 mortes, além de impactos socioambientais consideráveis, decorrentes do vazamento de milhões de barris de petróleo. O roteiro contém todos os elementos do cinema-catástrofe, molde que já produziu filmes como *Incêndio na torre*, *Poseidon*, *Titanic* e tantos outros.

Há o personagem branco bonzinho, que não sabe o que lhe espera – nós, claro, sabemos desde o início –, mas sobrevive; há o personagem negro, que também não sabe de nada, mas não sobrevive; há o casal jovem e gostoso, com evidente tensão sexual entre eles; há um duelo entre o bem e o mal, personificados pelo experiente e bonachão gerente da plataforma e o executivo ambicioso que quer bater metas às custas da segurança. E há muitas, muitas explosões, sustos, barulho, chamas e labaredas para todo lado. E vários heróis e aparições da bandeira norte-americana – contei pelo menos três; deve ser o mínimo contratual.

Naturalmente, os efeitos especiais são ótimos, e a cena do primeiro jato de óleo lama e de gás subin-

do pela torre da plataforma e arrebatando tudo no caminho é memorável. As cenas da evacuação dos sobreviventes, presos entre uma plataforma em chamas e um mar *idem*, também são de cortar o fôlego e certamente balançarão a vocação de mais de um aprendiz a ingressar na área de petróleo e gás.

ADVERSIDADES X RESPONSABILIDADES

O filme pertence ainda a uma subcategoria do gênero cinema-catástrofe, particularmente apreciada em Hollywood, que é aquela em que um desastre perfeitamente evitável é revisitado – digerido, negado, exorcizado? – como saga de um punhado de heróis contra a adversidade. Evita-se, assim, discutir o que deu errado e qual foi a cadeia de responsabilidades, e tanto faz a natureza da adversidade, mesmo que ela seja obra de quem supostamente a combate.

Alguns aspectos do filme são quase documentais, mostrando os enormes riscos físicos e a complexidade desse tipo especial de mineração que é a extração de petróleo em alto mar, que lida com forcas telúricas sem ter cacife à altura para evitar o pior.

A filha do personagem principal, no início do filme, faz na mesa do café da manhã uma previa de sua

apresentação na escola sobre o trabalho de seu pai. Ali, ela compara o petróleo a um monstro, feito dos restos de muitos monstros, os dinossauros. Está certa quando diz que o petróleo é um monstro, já que na escala de nossa mísera dimensão humana, as pressões geológicas às quais ele está submetido só podem ser percebidas como monstruosas. Mas está redondamente enganada quando sugere que o petróleo é formado por restos de dinossauros.

O petróleo se forma a partir de matéria orgânica e, na natureza de ontem como na de hoje, havia muito mais matéria orgânica de origem vegetal do que animal. Mas tudo bem; dinossauros, mesmo mortos, são mais carismáticos do que um amontoado de raízes, galhos e troncos em decomposição, mesmo que sua biomassa não pudesse contribuir com mais do que 10% do petróleo formado.

O filme também mostra bem como é frouxa a comunicação entre contratantes, contratados e empresas terceirizadas, e como prevalece o menor custo em vez da maior segurança. Ele ainda mostra *en passant* o rosário de problemas *low-tech* que a sofisticada plataforma apresentava, como falhas em sistemas de alarme e sensores e até de simples telefonia.

SÓ ENTRETENIMENTO OK, estão nos dizendo que há riscos inerentes e inevitáveis e outros que são fruto de livre-arbítrio, geralmente do livre-arbítrio de uns para decidir sobre os riscos que sofrerão os outros. Mas, o fôlego do filme para por aí, se o espectador esperar mais do que entretenimento eficiente.

O filme não explica, por exemplo, por que foram necessários tantos heróis. Sim, houve pressa, leniência e arrogância tecnocrática; mas por que o vilão de plantão pôde impor sua vontade, com as pavorosas consequências imediatas que o filme retrata tão bem? Não menciona o gigantesco vazamento de petróleo que durou meses, as consequências da maré negra sobre o litoral do golfo do México, a interdição de pesca, os efeitos dos dispersantes (agentes químicos para capturar o óleo derramado), pesadamente aplicados por via aérea, sobre a saúde das populações locais, assim como muitos outros aspectos ambientais, sanitários, legais e financeiros que estão longe de estar resolvidos.

Por acaso, eu havia escrito uma coluna no sítio da *Ciência Hoje* sobre o tema pouco depois do desastre (http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2897/n/o_chernobyl_da_industria_petroliera). Hoje, decorridos mais de cinco anos, esperava encontrar – não no filme, claro – muitos dados e análises sobre o desastre, seus antecedentes e suas consequên-



cias, cuja isenção seria certamente ajudada pelo recuo histórico, mesmo que modesto.

Quanta ingenuidade. Ao buscar ‘Deepwater horizon’ na *Wikipedia*, como qualquer mortal faria, encontro, nas páginas em português e em inglês, verbetes esquilidos que se atêm aos fatos ocorridos, sem a contextualização – o antes –, nem as consequências – o depois.

Intrigado, fui conferir o resultado da mesma busca na *Wikipedia* em francês. *U la la, vive la difference!* Ali ficamos sabendo que o rendimento dos milhares de poços de petróleo em águas rasas no golfo do México vinha declinando há anos e que a administração George W. Bush (2001-2009) resolveu enfrentar essa ameaça estimulando fortemente a expansão da extração em águas profundas. Para com-

pensar maiores custos e riscos, cortaram-se todos os impostos e dispensaram-se vistorias e relatórios que eram exigidos até para atividades de menor risco. Os órgãos de controle foram amordaçados ou tiveram seu orçamento mutilado e viraram meros carimbadores de decisões de esferas superiores.

A plataforma *Deepwater horizon*, pouco antes do desastre, havia acabado de furar o maior poço da história, de quase 10 km de profundidade, sendo mais de 8 km no subsolo marinho (alô, produção, solta o hino norte-americano agora, *please!*). Era o “*Yes, we can*” da indústria petrolífera, pouco antes do des-

sastre da plataforma premiada – seu Chernobyl – e da queda brutal dos preços do petróleo, que foi a pá de cal.

Um filme hipotético que descrevesse o cenário da indústria petrolífera norte-americana na época poderia ser um faroeste do cineasta norte-americano Tim Burton, em que todos, os bons e os maus, ensandecidos de orgulho, cobiça, álcool e drogas, assaltam o armazém e o banco, enquanto o juiz, amarrado como o bardo da aldeia gaulesa, assiste a tudo impotente.

E, hoje, o filme seria mesmo diferente? Seria. Teria opção 3D.

Jean Remy Guimarães

*Instituto de Biofísica
Carlos Chagas Filho,
Universidade Federal
do Rio de Janeiro*

DIVIDINDO MILHO, FEIJÃO E ARROZ

Como ensinar o algoritmo da divisão usando, de forma divertida, grãos de três cereais, para representar a casa das centenas, das dezenas e das unidades

MARCIO LUIS FERREIRA
NASCIMENTO

Departamento de Engenharia Química,
Escola Politécnica, e Instituto de
Humanidades, Artes e Ciências,
Universidade Federal da Bahia

Uma das tarefas mais difíceis no ensino da matemática é o algoritmo da divisão.

Mas é possível fazer desse aprendizado uma atividade lúdica, não só para crianças como também para jovens adultos em processo de alfabetização tardia.

Neste texto, é apresentada uma proposta que utiliza cereais do dia a dia para ensinar essa curiosa operação.

“Um, dois... feijão com arroz; três, quatro... feijão no prato; cinco, seis... feijão inglês [...]”, já dizia a célebre canção infantil que ensina a contar. Depois de dominar os números, é necessário compreender as quatro operações. E uma das tarefas mais difíceis refere-se ao aprendizado do algoritmo da divisão, o qual não é fácil à primeira vista – embora seja matematicamente um procedimento muito elegante e interessante.

No entanto, é possível tornar esse algoritmo mais pictórico, bem como seu aprendizado uma tarefa lúdica não só para crianças, mas também para jovens e adultos alfabetizados tardiamente. Para isso, podemos usar um material facilmente encontrável em qualquer região de nosso país: grãos de milho, feijão e arroz.

Inicialmente, vamos adotar uma convenção: grãos de milho correspondem às centenas; os de feijão,

às dezenas; e os de arroz, às unidades. Agora, mãos à obra, com um caso prático: dividir 792 por seis.

O primeiro aspecto a ressaltar é que não será necessário ter 700 grãos de milho, tão pouco 90 grãos de feijão e dois de arroz. Com base em nossa convenção, bastariam sete de milho, nove de feijão e dois de arroz, lembrando que, com base no sistema decimal, 10 grãos de arroz equivalem a um de feijão; 10 de feijão, a um de milho.

Antes de apresentarmos o método com os grãos de cereais, vamos recordar aqui o algoritmo tradicional de divisão para o caso 792 dividido por seis. Começamos dividindo a casa das centenas (sete) por nosso divisor (seis): sete dividido por seis dá um, com resto um. Agora, ‘baixamos’ o nove, que, ao compor com o resto (um), formará 19. Este último dividido por seis dá três, com resto um. Baixamos o dois, que, com o resto um, forma 12.

Finalmente, 12 dividido por seis, dá dois, restando zero. Portanto, 792 dividido por seis dá 132. Como o resto final é zero, dizemos que a divisão é exata.

CEREAIS 'DOURADOS' Para dividir 792 por seis, utilizando os cereais, basta distribuir igualmente, em seis grupos, os sete grãos de milho, os nove de feijão, e os dois de arroz – isso pode ser feito sobre uma mesa

ampla, para que várias pessoas possam participar da atividade, por exemplo.

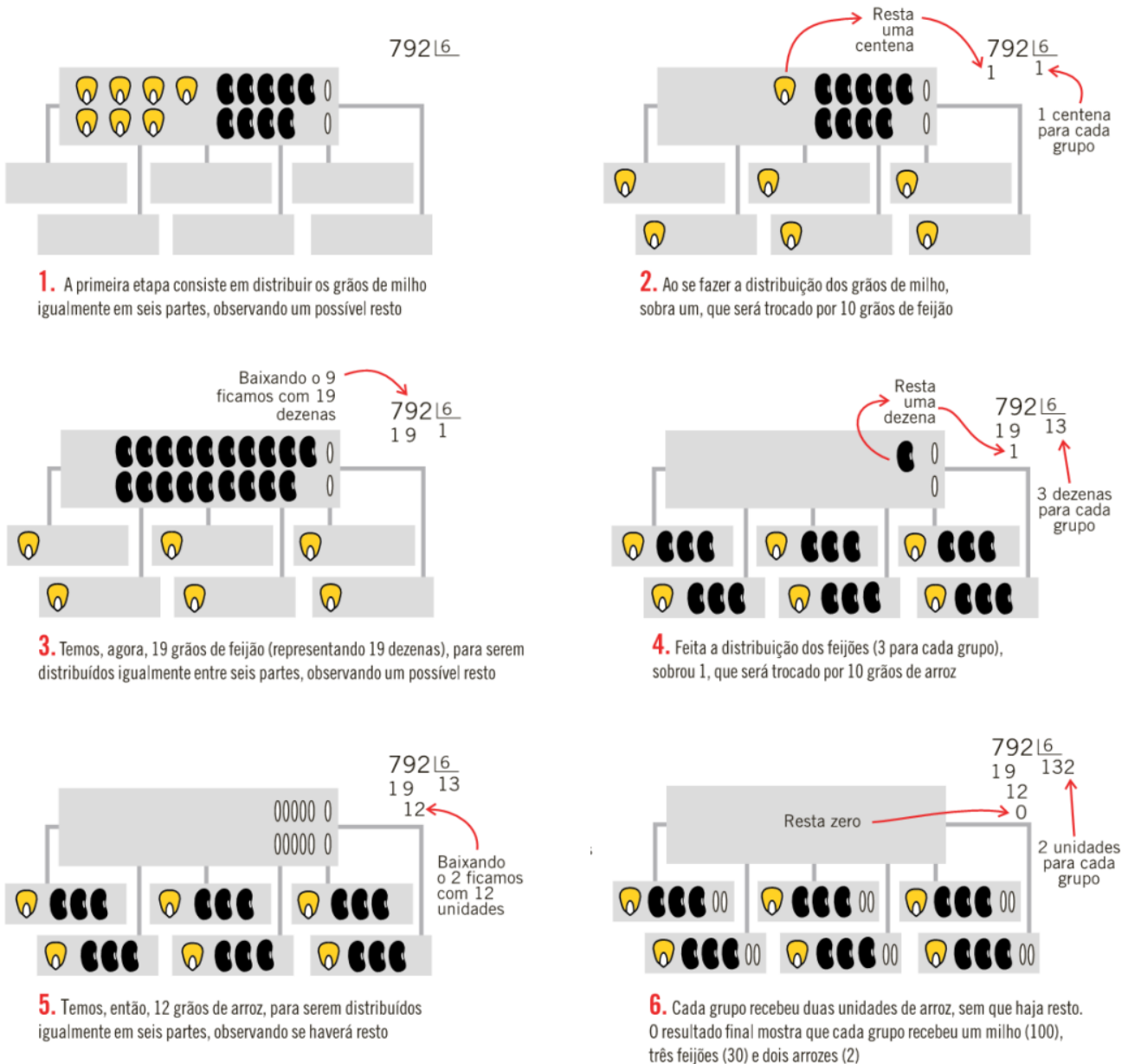
Começamos pelas centenas. São sete delas, que devem ser distribuídas (divididas) igualmente em seis partes. A centena restante deve ser transformada em 10 dezenas, ou seja, trocada por 10 grãos de feijão. Teremos, então, 19 grãos de feijão, representando 19 dezenas, a serem distribuídas igualmente em seis partes.

Ao fazermos essa distribuição, cada um dos seis grupos receberá três feijões, e, ao final, sobrará um grão. Este último será transformado em 10 grãos de arroz. Portanto, teremos, agora, 12 grãos. Cada um dos seis grupos ficará com duas unidades, sem que sobre grão algum.

Ao final, cada um dos seis grupos terá: um milho (1 x 100), três feijões (3 x 10) e dois arrozes (2 x 1). Ou seja, 132 (figura 1).

>>>

Figura 1. Representação gráfica do algoritmo da divisão com base no uso de grãos de milho, feijão e arroz





David Eugene Smith (1860-1944), Florian Cajori (1859-1930) e Maria Montessori (1870-1952)

Esse modo de aplicar a divisão não é novo. Baseia-se no algoritmo ‘curto’ da divisão, que, de fato, tem uma longa história na matemática, como já descrito, por exemplo, pelos matemáticos David Eugene Smith (1860-1944), norte-americano, e Florian Cajori (1859-1930), suíço, em livros desses autores.


A ilustração matemática desse algoritmo apresentada aqui foi baseada na proposta da educadora e médica italiana Maria Montessori (1870-1952) – mais precisamente, no conhecido método do ‘Material Dourado’, usado por ela ainda no início do século passado. Segundo essa metodologia, crianças podem aprender princípios de aritmética utilizando objetos (em geral, de madeira), na forma de placas, barras e cubinhos, representando as quantidades.

Em nosso exemplo da divisão com cereais, o ‘Material Dourado’ estaria representado assim: grãos de milho seriam equivalentes às placas (de tamanho médio); grãos de feijão, às barras; e grãos de arroz, aos pequenos cubinhos.

PARA ALÉM DA MATEMÁTICA Esse procedimento, além de ilustrar como dividir, apresenta facilidades ao ensino pelo fato de o material em-

pregado ser acessível tanto em sala de aula quanto em casa. Na verdade, podem ser usados quaisquer grãos ou objetos – bastando estabelecer aquela convenção inicial (centenas, dezenas, unidades) – ou incluir a casa dos milhares, das dezenas de milhares etc., caso seja conveniente.

A lição da divisão pode inclusive servir como um jogo, com várias equipes realizando divisões similares ou diversas, por meio de números com três ou mais casas decimais. Em particular, o uso desses alimentos pode criar o ambiente para além da matemática, com argumentações interdisciplinares – mas sempre lembrando que o foco é o aprendizado da divisão em si – sobre aspectos de saúde, bem-estar e boas práticas de alimentação.

Quando bem ensinado – com prazer, alegria e interesse –, esse método é uma de várias ferramentas de aprendizado da matemática que podem transformar a vida de crianças, levando-os a adultos não só mais instruídos e aptos a enfrentar problemas do cotidiano, mas, quem sabe, a cidadãos mais conscientes sobre o simbolismo social de partilhas justas, para além simplesmente dos cereais. 

Visite nossa LOJA VIRTUAL



O CONHECIMENTO EM UM CLIQUE!



Publicações
para todos os
gostos e idades!



| www.cienciahoje.org.br |

| <http://lojavirtualich.org.br/> |

O LIMITE DA VIDA

EMBORA O TEMPO e a expectativa de vida dos seres vivos tenham significados diferentes, o tempo de vida depende de fatores que afetam a expectativa de vida. Por exemplo, a frequência de indivíduos longevos da espécie humana tem crescido progressivamente porque a expectativa de vida aumentou devido a várias causas. Nestas, incluem-se o avanço da medicina, o controle de agentes infecciosos e, de maneira geral, a tecnologia, que proporcionou mais alimentos, conforto e segurança para os humanos.

Assim, ao olhar para nossos ancestrais paleolíticos (que viveram há cerca de 2,5 milhões de anos), observamos que seu tempo de vida era de aproximadamente 33 anos. Isso não significa que, naquela época, a constituição genética estabelecia como limite a idade de 33 anos, mas simplesmente que o estilo de vida dos hominíneos, espécies que precederam os humanos e eram caçadores e coletores, ditava as regras de sobrevivência.

A média global dos tempos de vida dos humanos permaneceu mais ou menos a mesma até 1950, quando então saltou para 48 anos. Daí em diante, houve um aumento considerável e, hoje, sabe-se que o tempo de vida médio (média de todo o planeta) é de quase 68 anos.

Estamos nos aproximando de uma situação na qual o meio ambiente permitirá que saibamos de fato qual o tempo de vida da espécie humana.

Em outras palavras, poderemos avaliar a manifestação plena dos genes sem as restrições ambientais.

Nesse quesito, a opinião dos cientistas está dividida. Uns acreditam que o tempo de vida da espécie humana não tem um limite claramente estabelecido e que a curva que descreve esse parâmetro pode seguir aumentando indefinidamente. Sem levar em conta personagens bíblicos como Matusalém, que, segundo o Antigo Testamento, teria vivido 969 anos, o tempo máximo de vida humana já registrado de maneira fidedigna é de 122 anos – recorde da francesa Jeanne Calment (1875-1997). E esses pesquisadores não veem razão para que tal limite não seja superado.

Outros ponderam que, mesmo em condições ambientais favoráveis, o próprio organismo se encarrega de matar o indivíduo, em razão do acúmulo de erros sucessivos ocasionados pelos mecanismos de transferência de informação do DNA até as proteínas, além de outras imperfeições inerentes às células.

Xiao Dong e colaboradores fazem parte desse segundo contingente. Trabalho publicado por eles em outubro na revista *Nature* (v. 538, n. 7624, p. 257-259) apresenta dados e argumentos que fortalecem a ideia de que a espécie humana tem mesmo um tempo de vida característico.

Os pesquisadores compilaram dados da população francesa e mostraram que os vários incrementos de tempo de vida registrados ao longo das décadas desde 1900 vêm diminuindo cada vez mais, de maneira que os gráficos indicam uma tendência de estabilização a partir dos anos 1980. Como consequência, eles concluíram que o tempo de vida para os humanos é fixo.

Os autores comentam que, quando os dados de outras populações são calculados, o mesmo comportamento é observado em 88% dos 41 países investigados, ou seja, a tendência à estabilização não é uma particularidade dos franceses.

Os próprios pesquisadores admitem que seus dados sugerem, mas não provam que o tempo de vida humano pode ter um limite natural. Eles também mencionam que, em razão do advento de no-

vas tecnologias e da invenção de próteses variadas, é possível que alguns anos a mais possam ser acrescentados aos 122 de Jeanne Calment. Mas, nesse caso, somente os transgênicos ou os biônicos humanos se beneficiarão, e não a espécie como um todo, equipada apenas com o que foi herdado de seus pais. Cabe ainda perguntar se vale a pena lutar pela extensão da vida humana. A velhice extrema sem saúde não tem graça alguma. **EH**



FOTO: GREGORIO OLIVEIRA

Estamos nos aproximando de uma situação na qual o meio ambiente permitirá que saibamos de fato qual o tempo de vida da espécie humana

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

CIÊNCIA SUPERLATIVA

O universo em suas mãos

Cristophe Galfard

Rio de Janeiro, editora Casa da Palavra, 368 p., R\$ 49,90



Teoria quântica de campos, relatividade geral, multiversos e energia escura. O jovem escritor e físico francês Cristophe Galfard aborda esses e muitos outros temas da física contemporânea neste livro. O autor faz um passeio científico levando o leitor a distâncias astronômicas e ao mundo microscópico, fazendo uso frequente de experimentos mentais e metáforas para evitar o uso de jargão científico. O resultado é um livro de fácil leitura, embora com alguns deslizes.

Desde o início, é evidente que Galfard é um físico teórico. As imagens utilizadas para explicar os conceitos são ricas e ajudam a mergulhar no mundo das descobertas. Em um cenário contemplativo observando o céu noturno em uma praia paradisíaca, ele convida os leitores a partir para uma viagem rumo ao cosmo. Mais tarde, ao observar de perto a atração invisível entre um ímã e uma geladeira, somos levados a nos transformar em minipessoas, guiadas por um supercomputador que examina as partículas virtuais criadas e destruídas na interação entre esses objetos.

Infelizmente, ao mesmo tempo, alguns sacrifícios são necessários: algumas licenças poéticas apresentam a ciência de maneira imprecisa.

Alguns temas são mostrados como verdades absolutas, sem uma descrição mais cuidadosa de como os pesquisadores chegaram às suas conclusões. Dessa forma, em diversas ocasiões, a física aparece como resultado da genialidade de vencedores do prêmio Nobel, em vez do trabalho duro de pesquisa e do sucesso do método científico. Nas palavras do próprio Galfard, “a interpretação virá no momento oportuno, ou não”.

E são muitos resultados. Viajando pela astrofísica, mecânica quântica, relatividade, cosmologia e teoria de cordas, para citar apenas algumas das áreas abordadas no livro, o autor tenta resumir um século de revoluções em nosso entendimento do universo em 360 páginas.

A primeira metade do livro lida com um conhecimento que hoje já é clássico e bem estabelecido, para então chegar às fronteiras do conhecimento moderno nos últimos capítulos. No entanto, ao pular o raciocínio por trás de cada descoberta, a distinção entre o consenso científico e a especulação matemática não é muito clara. Apresentar a estrutura atômica, algo que conhecemos bem há cerca de 100 anos, quase da mesma forma que a teoria de cordas – um campo intrigante, mas

sem quaisquer evidências experimentais – pode iludir alguns leitores.

Em vez de experimentos e raciocínio, Galfard utiliza em sua prosa adjetivos superlativos e parágrafos fragmentados para enfatizar o espanto e a epifania relacionados ao momento em que entendemos um novo conceito. É uma pena que esses recursos sejam usados de forma um pouco exagerada, pois acaba diminuindo o impacto da própria maravilha da ciência. No final, a impressão é a de um físico realmente apaixonado pelo que faz, tentando a todo custo nos convencer de que todos deveriam compartilhar de seu entusiasmo.

Em resumo, o livro fornece algumas horas de entretenimento para os apaixonados pela física e pela ciência, embora talvez não seja um bom caminho para o aprendizado. Por outro lado, apesar de toda a animação do autor, talvez os que mais apreciem o conteúdo sejam precisamente aqueles que já são admiradores declarados do universo.

Thiago Signorini Gonçalves

*Observatório do Valongo,
Universidade Federal
do Rio de Janeiro*

OS MINISTROS E O NEGÓCIO

A RECENTE RENÚNCIA do ministro da Cultura deixou em evidência possível promiscuidade entre o interesse público e o interesse privado em torno de aprovação de projeto de torre residencial no Centro de Salvador (BA). Outro ministro, que seria proprietário de parte do edifício a construir teria feito pressão para que o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) autorizasse a construção do espigão que, de acordo com o órgão, viria a comprometer a paisagem protegida da Ladeira da Barra. Como o seu colega da Cultura, a quem é subordinado o serviço do Patrimônio, não concordou, a relação entre ambos deteriorou levando o primeiro à renúncia.

Não é novidade a prática de influência na administração pública para proveito privado. Nos serviços de regulação e aprovação de obras é quase uma rotina a perpassar governos e instâncias públicas. Não obstante sua importância, não tratarei dela neste artigo. Basta a Operação Lava Jato por estes tempos.

Contudo, há uma dimensão oculta que precisa ser descoberta. Trata-se da impropriedade de regular genericamente o que se pode construir em nossas cidades, sem especificidade de lugar, de escala e de referências preexistentes, sejam edificações ou urbanísticas. Sem corpos técnicos permanentes, preparados e bem dimensionados em nossas prefeituras, regula-se a partir de abstrações, como índice de aproveitamento do lote e taxa de ocupação. Até mesmo a altura da edificação muitas vezes é determinada apenas pelo tamanho do terreno, sem se considerar a relação com a rua, com o entorno, com a topografia, com o quarteirão. Uma questão urbanística é tratada como se fosse meramente fundiária.

Não há um desenho que preconfigure o que se deseja e que dê base à lei. Legisla-se no atacado, por meio de capítulos, artigos e parágrafos, em textos cada vez mais embaralhados e complexos, que restringem o entendimento a especialistas.

Ou seja, a legislação urbanística torna-se ininteligível para o cidadão, que não consegue saber o que é previsto para o lugar.

É nesse caminho obscuro que prosperam as indefinições capazes de enriquecer, em um simples parecer, incorporadores imobiliários e agentes públicos – e que fazem do trato com os serviços de aprovação de projeto uma permanente guerra entre virtudes e maldades.

Há mérito na demissão do ministro da Cultura: ele não concordou em conspurcar a paisagem de Salvador da Bahia para garantir a renda de alguns. Mas o mérito ainda será bem maior se essa questão vier a ser debatida em sua dimensão mais ampla, trazendo para a compreensão comum a necessidade de nossas cidades serem projetadas segundo os parâmetros de composição dos espaços para o melhor usufruto dos cidadãos. É o espaço público bem concebido que deve ser o orientador das edificações a serem legisladas. Não é o interesse comercial do lote que deve dizer sobre a forma de nossas cidades.

Com o desenho específico dos lugares, as regras serão claras. Ganharão todos, inclusive aqueles verdadeiros empreendedores imobiliários que ficarão livres da incerteza e da permanente luta entre a moralidade cidadã e a promiscuidade negocial.

E, de lambuja, nossos ministros poderão se dedicar com mais tranquilidade às suas tarefas próprias. Nada a opor a que sejam empreendedores. Mas que ninguém usufrua renda às custas da paisagem e do espaço da cidade, que é de todos, inclusive dos que ainda virão. **CH**



FOTO: OCEANO RODRIGUES

É nesse caminho obscuro [da legislação] que prosperam as indefinições capazes de enriquecer, em um simples parecer, incorporadores imobiliários e agentes públicos – e que fazem do trato com os serviços de aprovação de projeto uma permanente guerra entre virtudes e maldades

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

Sobre a natureza da luz

1816. HÁ 200 ANOS, NASCIA UM PRINCÍPIO QUE AMPLIARIA A ACEITAÇÃO DE QUE A LUZ TEM UMA NATUREZA ONDULATÓRIA. O modelo – cujas bases haviam sido lançadas por um físico holandês e posteriormente aprimoradas por um engenheiro francês – tornou-se predominante em parte da Europa, destronando, ao longo do século 19, a visão corpuscular da luz.

OLIVAL FREIRE JUNIOR

Instituto de Física,
Universidade Federal da Bahia

WILSON FÁBIO DE OLIVEIRA BISPO

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano



Christiaan
Huygens



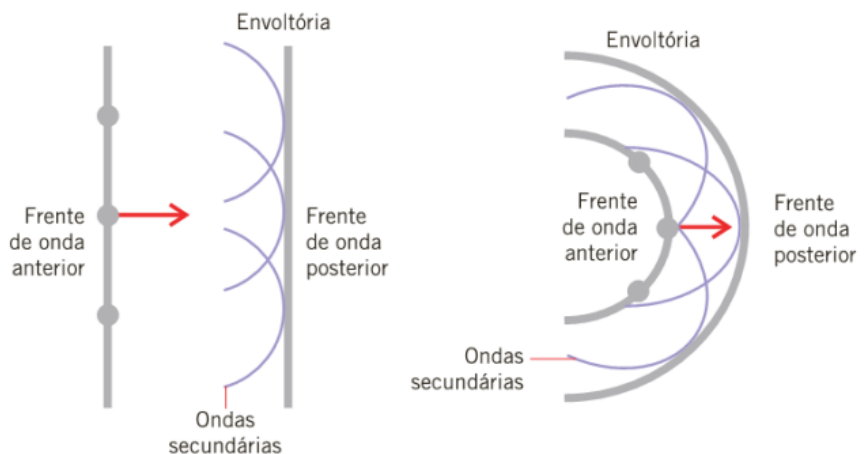
Augustin
Fresnel

A LUZ SEMPRE DESPERTOU a curiosidade da humanidade. Os povos mais antigos a relacionavam com a mitologia ou suas concepções religiosas. Por exemplo, os egípcios a associavam com a visão de Rá, deus do Sol: quando essa entidade abria os olhos, se fazia dia; quando os fechava, caía a noite. Já os gregos buscaram uma explicação para o que era a luz, seus fenômenos e a visão.

Entre os gregos, não havia consenso: Platão (428-348 a.C.) achava que a visão era formada pelo encontro de raios que saíam dos olhos e dos corpos; os atomistas acreditavam que ela era constituída por partículas; já Aristóteles (384-322 a.C.) comparava a luz ao som. As explicações dos gregos – relacionadas às suas respectivas visões de mundo, predominantemente filosóficas – compuseram o que pode ser chamado ‘filosofia natural’.

No século 17, a discussão sobre a natureza da luz foi alargada com a invenção de instrumentos que ampliaram a observação – como o telescópio e o microscópio –, permitindo, assim, uma experimentação mais refinada e quantitativa. Os esforços visavam desenvolver uma teoria que explicasse, de forma satisfatória, novos fenômenos então

Figura 1. Visão esquemática do princípio de Huygens, destacando as frentes de onda (anterior e posterior), bem como a envoltória, tanto para o caso de ondas planas quanto esféricas



recém-descobertos: a difração (passagem da luz por uma fenda estreita) pelo jesuíta, físico e matemático italiano Francesco Grimaldi (1618-1663), em 1665, e, ainda naquele ano, a interferência (sobreposição de ondas) pelo físico britânico Robert Hooke (1635-1703).

Somavam-se a isso os fenômenos já conhecidos, explicados pela tradição que remontava aos gregos, como a propagação retilínea da luz, a reflexão e refração (passagem da luz de um meio para outro com mudança de direção de propagação dependendo do ângulo de incidência).

O físico e astrônomo holandês Christiaan Huygens (1629-1695) merece papel de destaque no desenvolvimento da teoria ondulatória da luz, por imaginar o fenômeno como pulsos independentes que se propagam em um meio desconhecido, chamado éter, o qual serviria de sustentação para a luz – em analogia ao fato de o som precisar de um meio material para se propagar.

Hoje, sabemos que ondas sonoras são longitudinais, com o meio vibrando na direção da propagação da onda, enquanto ondas luminosas são transversais (vibrações perpendiculares à propagação). Desse modo, podemos ver que o modelo de Huygens para a luz não pode ser identificado plenamente com aquele, de natureza ondulatória, que se firmaria mais tarde.

O princípio de Huygens, formulado em 1678, considera que cada ponto de uma frente de onda comporta-se como uma fonte (também pontual) de novas ondas, chamadas ondas secundárias. A frente de onda em um instante posterior é o somatório das superfícies das ondas secundárias, chamadas 'envoltória', geradas pelas fontes pontuais (figura 1).

ONDA OU CORPÚSCULO? Naquele período, a comunidade científica estava dividida: de um lado, se tinha uma teoria – baseada, principalmente, nas ideias de Huygens – em que a luz era uma onda que se propagava no éter;

de outro, uma teoria que defendia que a luz era formada por partículas, na qual os corpos luminosos emitiam pequenas partículas que viajavam pelos espaços vazios – apoiada, sobretudo, nos trabalhos do físico e matemático britânico Isaac Newton (1642-1727).

A explicação de Newton, contudo, era mais sofisticada do que uma imagem da luz formada por partículas muito pequenas, análogas a bolas de bilhar. Ademais, essa explicação integrava um trabalho maior, conduzido por ele, o qual incluía a explicação das cores e a criação dos telescópios refletores.

A teoria corpuscular da luz – impulsionada pela fama de Newton – acabou tendo uma aceitação mais ampla pela comunidade científica da época.

No início do século 19, a teoria ondulatória da luz começa a ressurgir com os trabalhos do polímata britânico Thomas Young (1773-1829) e do engenheiro e físico francês Augustin Fresnel (1788-1827). A explicação do princípio de Huygens para a propagação retilínea da luz era qualitativa e não considerava ondas de uma só 'cor' (monocromáticas).

Fresnel desenvolveu ideias semelhantes – possivelmente, sem conhecer o trabalho de Huygens nesse campo. Porém, foi além. Deu ao tema tanto um tratamento matemático rigoroso – incluindo o conceito de interferência, proposto por Young – quanto a explicação de experimentos conhecidos à época, além da previsão de novos, aplicando esse tratamento ao estudo de um fenômeno que despertava grande interesse à época: sob certas condições, a luz vibra em um único plano, fenômeno conhecido como polarização.



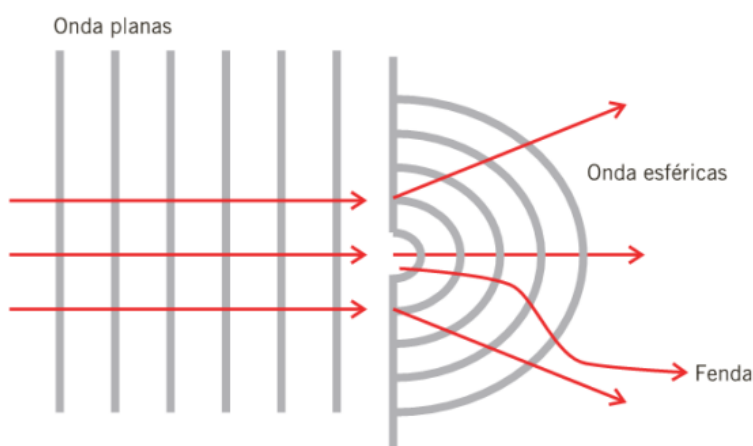


Figura 2. Difração de ondas planas, que passam por uma fenda relativamente pequena

Para explicar a polarização, Fresnel considerou, diferentemente de Huygens, que a luz deveria se propagar como ondas transversais. Desde então, o princípio – estabelecido em 1816 – é denominado ‘princípio de Huygens-Fresnel’. No contexto da ciência francesa do século 19, a teoria ondulatória proposta por Fresnel tornou-se o modelo dominante, destronando, pelos quase 100 anos seguintes, o modelo corpuscular da luz.

POSIÇÃO DESCONFORTÁVEL O princípio de Huygens-Fresnel – usado pelo próprio Fresnel na explicação e matematização do fenômeno da difração – pode ser enunciado da seguinte forma: a porção da frente de onda que passa por uma fenda – ou seja, sofre difração – é constituída por um número muito grande de fontes pontuais (as chamadas de fontes secundárias), as quais emitem ondas esféricas harmônicas, que, por sua vez, irão interferir entre si, para dar como resultado a frente de onda após a passagem pela fenda (figura 2).

Assim, Fresnel não apenas ajudou a corroborar a teoria ondulatória da luz, mas também, ao formulá-la com base em um tratamento matemático rigoroso, contribuiu para sua larga aceitação, tornando-a o fundamento da óptica ao longo de todo o século 19. A identificação dos fenômenos luminosos com ondas eletromagnéticas, por meio dos trabalhos do físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879), na segunda metade daquele século, conferiu à óptica uma sólida base matemática e física.

Ao longo do século passado, a compreensão da natureza da luz sofreria nova flexão, com o surgimen-

to da teoria quântica. Em 1905, o físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955) explicaria o efeito fotoelétrico – fenômeno no qual a luz arranca elétrons da superfície dos materiais –, o que traria de volta o modelo corpuscular.

Com mais ênfase a partir da década de 1920, esse resultado de Einstein – de que a luz é formada por corpúsculos, batizados posteriormente de fótons – terminou sendo acomodado com o modelo ondulatório, dando origem à chamada dualidade onda-partícula, cenário no qual cada um desses modelos explicava tipos distintos de fenômenos.

A dualidade partícula-onda deixou em posição desconfortável físicos partidários da visão filosófica do realismo, como Einstein, por condicionar a resposta ao problema da natureza da luz às condições experimentais empregadas no estudo dos fenômenos ópticos.

ÓPTICA QUÂNTICA Na segunda metade do século passado, o tratamento quântico rigoroso dos fenômenos luminosos – por físicos como o norte-americano Roy Glauber, Nobel de 2005 – permitiu a criação de uma abordagem de enorme precisão conceitual e poder preditivo: a óptica quântica. Nela, no entanto, perguntas sobre o que é a luz não levam a respostas que possam ser acomodadas com as noções intuitivas de onda ou partícula.

Contudo, ainda hoje, mesmo com o advento da teoria quântica, a óptica clássica – com o princípio de Huygens-Fresnel e o tratamento matemático apresentado por este último – tem se mantido não só como a porta de entrada, mas também como o quadro teórico mais utilizado para o estudo de grande parte dos fenômenos ópticos, bem como elemento imprescindível na formação de físicos e engenheiros.

A formulação matemática de Fresnel trouxe-lhe novamente o prêmio da Academia de Ciências da França em 1818 pela explicação rigorosa do fenômeno da difração. **CH**

A CIÊNCIA DA CONSCIÊNCIA

APESAR DO AVANÇO DA CIÊNCIA nos últimos 500 anos, é escandaloso não conseguirmos sequer definir o que é aquilo que chamamos de consciência. Digo escandaloso porque cada um de nós experimenta por si só a transição do estado de pequena consciência (se alguma) quando bebês, para um estado de ‘grande consciência’ quando adultos. Seja como (e o que) for, a consciência deve ser uma propriedade contínua.

A física que rege a mente deve ser bem conhecida e nem um pouco exótica. Eu apostaria várias garrafas de bom vinho que ela nada tem a ver com a física quântica (teoria que descreve os átomos e partículas elementares), já que estados quânticos seriam rapidamente destruídos à temperatura na qual o cérebro opera. Em outras palavras, o cérebro deve ser regido por física básica.

Mas será que isso significa que um computador digital com uma CPU (acrônimo para unidade de processamento central) suficientemente grande, rodando um programa suficientemente complexo, acabará se tornando ‘consciente’?

O leitor não deve ter dificuldades em perceber que os símbolos \mathcal{F} , \mathbf{F} , e \mathfrak{F} representam a mesma letra. Mas uma ponderação mais cuidadosa mostra que isso não é nada trivial. Por exemplo, o símbolo $\mathcal{7}$ se parece mais com o número 7 do que com a letra F.

Acontece que computadores digitais, rodando programas que imitam redes neurais, já são capazes de identificar padrões tão complexos que o próprio programador não sabe explicar ‘por que’ a resposta correta é realmente aquela à qual o computador chegou. Esse é o chamado problema do ‘aprendizado profundo’ (ou *deep learning*). Fossem computadores humanos, diríamos que a resposta foi dada por seu ‘subconsciente’. Mas, ainda assim, ninguém diria que tais computadores são ‘conscientes’, certo?

Um colega e amigo, o físico Daniel Vanzella, do Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo, me convenceu de que muito provavelmente uma ‘condição necessária’ para qualquer mente ser consciente seria a capacidade de fazer inferências lógicas ‘complexas’. Por exemplo, um bebê é 100%

instinto. Já uma criancinha conseguirá entender se você lhe disser “eu não sei”, mas, provavelmente, ficará confusa se você argumentar que, em geral, “o problema não é o que sabemos que não sabemos, mas o que não sabemos que não sabemos”.

Mesmo assim, não é nada óbvio que a capacidade de fazer inferências lógicas seja ‘suficiente’ para que um computador acabe com uma “‘sincera’ curiosidade pelo mundo” ou uma “‘verdadeira’ tristeza pela derrota do time de coração” – características de (quase) qualquer ser consciente.

Meu também amigo e colunista da *Ciência Hoje*, o físico José Roque, do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, em Campinas (SP), ironizou ao dizer que deveríamos poupar os pobres computadores de algumas dessas idiosincrasias humanas, com o que concordo. Mas, do ponto de vista conceitual, é importante saber se ‘todas’ essas propriedades são ou não programáveis em máquinas de Turing – protótipos de computadores digitais idealizados pelo matemático britânico Alan Turing (1912-1954).

Se a resposta for positiva, então, será apenas uma questão de tempo para que cientistas procurem transferir a consciência humana para computadores, conferindo, aos humanos, em caso de

sucesso, virtual acesso à imortalidade, algo sedutor para alguns e assustador para outros – entre os quais eu me incluo.

Se a resposta for negativa, então, o céu será o limite, pois, se não somos máquinas de Turing biológicas, o que seríamos, afinal?

Uma afirmação profunda é aquela cuja negação é igualmente profunda. Saber se ‘somos máquinas de Turing’ é uma delas.

Que a consciência esteja convosco. **GH**



FOTO: CIÊNCIA HOJE

A física que rege a mente deve ser bem conhecida e nem um pouco exótica

GEORGE MATSAS | Instituto de Física Teórica | Universidade Estadual Paulista



O IMPACTO DAS REDES SOCIAIS I

Muito bom! (artigo 'Gritos e sussurros: o mal-estar da civilização em rede', CH 341).

Douglas Garrido Guimarães

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

O IMPACTO DAS REDES SOCIAIS II

Leitura obrigatória.

Francisco Luis Camino

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

O IMPACTO DAS REDES SOCIAIS III

Temos que refletir sobre isso.

Maria Souza

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

VIOLÊNCIA E GENÉTICA I

Não somos escravos de nossos genes (CH 341). Além disso, o que "é" não é necessariamente o que "deve ser". Para isso temos processo civilizatório.

Luis R. Ribeiro

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

VIOLÊNCIA E GENÉTICA II

Se realmente estiver na nossa natureza [a violência], não adianta; a

melhor maneira de lida seria conhecer e antecipar qualquer ação negativa que possa advir desse instinto.

Narciso L. Junior

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

VIOLÊNCIA E GENÉTICA III

Acho que devemos ter muito cuidado com essas colocações. Acredito que o temperamento agressivo possa fazer parte da nossa 'natureza'. No espectro de sentimentos e comportamentos humanos, ele está obviamente presente. Mas o meio e o estímulo dado a tal temperamento me parece ser de extrema importância para gerar guerras e genocídios, que, no caso, poderiam ser interpretados como intervenções culturais criadas por certa cultura que cultiva e promove tal temperamento agressivo. Ainda, como outro argumento, a agressividade pode ser canalizada para algo positivo. Ela não seria um temperamento ruim 'per se'. Ele pode gerar, por exemplo, um estresse positivo canalizado para alguma atividade altruísta ou benéfica. Enfim, sempre acho complicado essas ge-

neralizações e o determinismo da 'natureza' humana.

Anderson Prestes

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

VIOLÊNCIA E GENÉTICA IV

A maldade está intrinsecamente no ser humano.

Nicolas Garrido

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

BURACOS CINZAS

Permanece o mistério... (coluna 'Exatamente', sobre buracos negros nem tão negros assim, CH 341).

Mak Mbamba Maganhi

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

SUICÍDIO I

Os suicídios sem sucesso são geralmente pedidos de socorro (CH 342).

Armando Rito Ramos

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

SUICÍDIO II

Acho que é possível prevenir [os suicídios]; porém, não é possível agir a tempo em boa parte das vezes. Muitas vezes, os sinais são ignorados, ou mal interpretados, passada batida a tentativa de tirar a própria vida.

Mannu Costa

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

SUICÍDIO III

A prevenção seria enxergar nos sinais a iminência de um suicídio. Porém, ninguém acha que a pessoa chegará às vias de fato.

Ana Grace Guimarães

Comentário no Facebook/Ciência Hoje

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

NOEL E SUAS PORTAS

EU NUNCA HAVIA VISTO ALGO TÃO BRANCO. Neve por todos os lados. Silêncio absoluto. Mas tenho uma missão e devo continuar. Avisto o iglu, enorme, no horizonte. Sem barreira ou fiscalização, entro e ando entre os milhares de pequenos ajudantes de Noel. Eles nem me notam. A pressão é grande: Natal está perto.

Em uma sala à parte, encontro Noel e Gunther, misto de ajudante e comparsa. Eles riem enquanto jogam cartas. O primeiro, de costas para a porta, não percebe minha entrada. Ao me ver, Gunther para de rir, engole a seco e, com um gesto abrupto de cabeça, denuncia minha presença.

“Por que demorou tanto este ano?”, pergunta-me Noel, sem se virar. E vai direto ao âmago da questão: “Você ainda quer *O Livro*, que contém todas as provas matemáticas em sua máxima elegância, com o qual sempre sonhou nosso amigo matemático húngaro?” – ele se refere a Paul Erdős (1913-1996).

“Não”, respondo calmamente – Noel se vira para mim, sua cara é impagável. E completo: “Este ano quero apenas o problema”. Clima tenso. Noel concorda.

“Você deve ter notado que este iglu tem muitas portas. Eu te digo: são 100. Cada uma guardando algo importante. Todo dia, no final do expediente, 100 ajudantes fazem a seguinte brincadeira: o primeiro abre todas as portas; o segundo fecha uma a cada duas. Agora, o terceiro percorre as portas de três em três: se ela estiver aberta, ele a fecha; se ela tiver sido fechada (pelo segundo ajudante), ele, então, a abre. O quarto faz o mesmo, mas ‘pulando’ de quatro em quatro portas. E assim por diante”, completou.

Em seguida, Noel lança a pergunta crucial: “Depois dos 100 ajudantes passarem, quais portas ficarão abertas?” E acrescenta uma provocação (Noel, sempre Noel): “Quem sabe, atrás da última delas, não há uma surpresa para você?”

Tento imaginar cada um dos ajudantes abrindo ou fechando as portas. Complicado. Parece-me boa estratégia me concentrar em apenas uma porta. Digamos, a de número 12.



FOTO: CÍCERO ROBERTES

DESAFIO

Se o ajudante de número 99 tiver faltado, o que acontecerá?

SOLUÇÃO DO DESAFIO PASSADO
As probabilidades são as mesmas por simetria. Imagine, usando decalques, que troquemos os números 2 e 4 no dado A. Isso não faz qualquer diferença no dado, pois continuaremos tendo um par de 2 e um par de 4 nas suas faces

Para um ajudante abrir ou fechar essa porta, ele deve ter um número que divide 12, pois, caso contrário, ele simplesmente ‘pulará’ essa porta. Os divisores de 12 são 1, 2, 3, 4, 6 e 12. São seis divisores, ao todo. Portanto, abre, fecha, abre, fecha, abre e... fecha. A porta número 12 ela terminará fechada!

Será que isso ocorrerá com todos os números? Note que, se N é um divisor de 12, então, $12/N$ será um dos outros divisores. Por exemplo, $N = 3$, então $12/3 = 4$. Essa ideia nos permite listar os divisores em pares (N ; $12/N$). No caso de 12, teremos (1; 12), (2; 6), (3; 4).

Mas será que isso acontece com todos os números? Não. Os chamados quadrados perfeitos – números formados pelo produto de um número por ele mesmo – são exceção. O caso do número 16 (4×4) ilustra bem a situação: seus divisores são 1, 2, 4, 8 e 16. Quando listamos os divisores por pares (N ; $16/N$), obtemos (1; 16), (2; 8) e o 4 fica sozinho, pois $16/4 = 4$. Isso significa que os quadrados perfeitos têm um número ímpar de divisores. No caso do 16, são cinco (abre, fecha, abre, fecha e... abre). Portanto, a porta 16 ficará aberta!

Assim, para saber quais portas permanecerão abertas, basta listar os quadrados perfeitos entre 1 e 100: 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81 e 100. Sigo até a última porta aberta, a de número 100. No interior da sala, vejo *O Livro*, magnífico, apoiado em uma mesa, exatamente como sempre o imaginei.

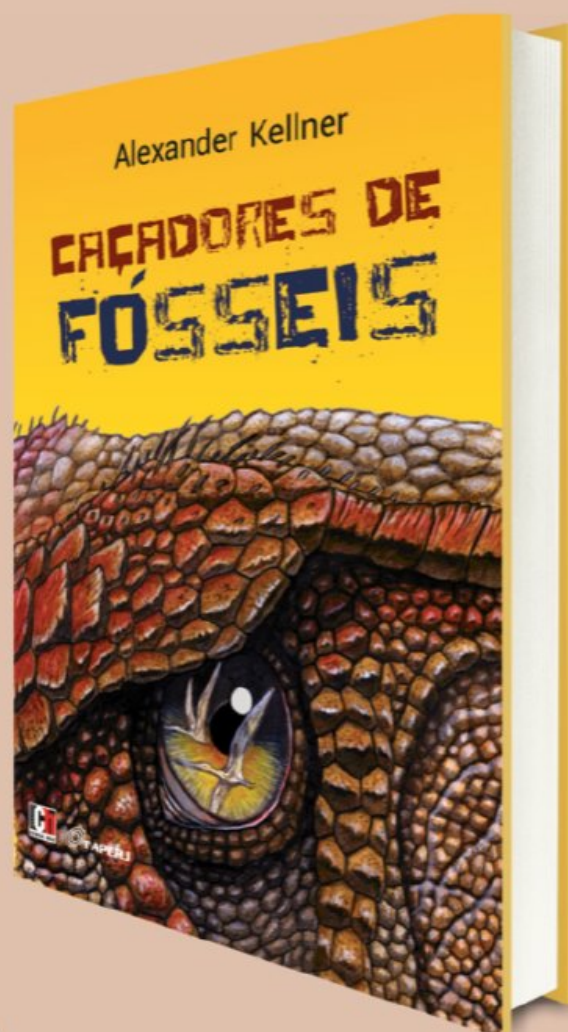
Depois de tantos anos... No entanto, sou tomado por um sentimento estranho. Deixo o livro intacto, fecho a porta lentamente e começo minha viagem de volta. Sinto uma tranquilidade

interior por saber que o livro existe e que ainda há tanta coisa a ser descoberta em matemática.

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

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

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



CAÇADORES DE FÓSSEIS

Alexander Kellner

216 páginas

colorido

formato 16 x 23 cm

R\$ 40,70



**VISITE NOSSA LOJA VIRTUAL E PEÇA JÁ SEU EXEMPLAR > WWW.LOJAICH.ORG.BR
OU LIGUE PARA: 0800 727 8999**

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