

Pesquisa

JANEIRO DE 2024 | ANO 25, N. 335

FAPESP

A AMEAÇA DAS SUPERBÁCTÉRIAS

Microrganismos
resistentes
a antibióticos
causam em média
90 mortes
por dia no país

No TikTok
e Instagram,
estudantes
e pesquisadores
unem ciência e
entretenimento

Painéis solares
podem se
tornar mais
eficientes
com células de
perovskita

De línguas
indígenas
a variantes do
português,
Brasil tem mais
de 200 idiomas

Sem condenar
os combustíveis
fósseis, COP28
recomenda
investir em
energia limpa

Inteligência
artificial pode
melhorar a
previsão do
tempo para
10 dias

Atlas digital
registra a
evolução ideal
do cérebro do
bebê durante
a gestação

ACOMPANHE O SITE PESQUISA FAPESP

REPORTAGENS EXCLUSIVAS

VÍDEOS, PODCASTS E GALERIAS DE IMAGENS

ATUALIZAÇÕES FREQUENTES

NAVEGAÇÃO SIMPLES

COMPATÍVEL COM DISPOSITIVOS MÓVEIS



Usinas eólicas em alto-mar podem fornecer eletricidade para plataformas de petróleo
O primeiro caso de uma estrutura em-marcação profunda foi realizado com sucesso no país



Pesquisa FAPESP

Ciência Política & GT Tecnologia Humanidades Ética Saúde Sustentabilidade Gênero Vídeos Podcasts

Serra da Neblina, berçário e museu de biodiversidade
Sapos encontrados em expedição são famílias novas, uma evidência da singularidade da região da Amazônia conhecida como Pantepui

Antonio Bisconsin Junior: "Comer insetos faz todo o sentido", defende cientista de alimentos
Pesquisador desenvolve farinha proteica à base de grãos e defende que o país deveria produzir carnes alternativas e tecnologia na área

Estudo com 200 mil pessoas associou o consumo de hambúrguer a um risco 40% maior de diabetes tipo 2

Conversão automática do Excel muda para prevenir erros em estudos genéticos

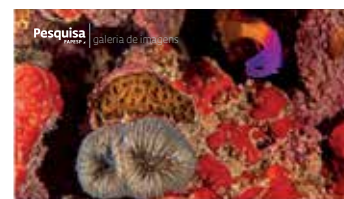
Hip hop começa a se consolidar como campo de estudos acadêmicos

Carnaúba, um supermicroscópio de raios X

Uma ativista contra a fome



Os olhos dos cães



A vibrante e colorida vida nos corais brasileiros



Radiografia do Brasil evangélico

Pesquisa FAPESP

Saíra-lagarta em reserva
do Espírito Santo
(BIODIVERSIDADE, P. 34)

Pesquisa 335
FAPESP

FOTO GABRIEL BONFA

5 CARTA DA EDITORA
6 NOTAS

CAPA

12 Cresce nos hospitais
brasileiros a presença
de bactérias resistentes
a múltiplos medicamentos

18 Após período de
declínio, procura por
novos antibióticos
precisa ganhar fôlego

ENTREVISTA

22 Siang Wun Song
estudou como tornar
os computadores mais
ágeis e com maior poder
de processamento

Capa

Bactérias não crescem ao
redor de antibióticos (*comprimidos*)
aos quais são sensíveis

FOTO SAIFUL52 / FREEPIK

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

28 Estudantes e jovens
pesquisadores gravam
vídeos curtos no celular
sobre temas da ciência

BIODIVERSIDADE

34 IBGE indica que
espécies da fauna e da
flora estão distribuídas
de modo desigual

INOVAÇÃO

38 Equipe brasileira
disputará a final do
XPRIZE, que estimula
o desenvolvimento de
tecnologias autônomas

BOAS PRÁTICAS

42 Temas controversos de
pesquisa podem ser alvo
de censura dissimulada

DADOS

45 Colaborações
científicas entre São Paulo
e outros estados

GEOCIÊNCIAS

46 Solo de bairros em
Maceió começou a afundar
há quase 20 anos

MUDANÇAS CLIMÁTICAS

50 COP 28 recomenda
maior uso de energia limpa,
mas não bane os
combustíveis fósseis

METEOROLOGIA

52 Previsão do tempo
para 10 dias feita com IA
seria mais precisa que
a dos modelos atuais

ECOLOGIA

54 Agropecuária
transformou 89% da
Caatinga

MEDICINA FETAL

56 Grupo internacional
registrou a evolução
ideal do cérebro a partir
da 14ª semana de
desenvolvimento no útero

IMUNOLOGIA

58 Leishmaniose cutânea
pode ser agravada pela
coinfecção por vírus
e bactérias

ASTROFÍSICA

60 Estrela altera sua
luminosidade e acende
parte da nebulosa que
a circunda





Tecido de fígado
reconstruído
manualmente
(NOVOS MATERIAIS,
P. 67)

WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR



VÍDEO

O mestre da taxidermia

Há quase 40 anos,
o taxidermista Paulo César
Balduino monta animais
para coleções científicas
e mostras museológicas



VÍDEO

Os olhos dos cães

Cirurgia com pele de
tilápia oferece tratamento
inovador para úlcera
de córnea, evitando
perda ocular



PODCAST

Radiografia do Brasil evangélico

As denominações de igrejas
pentecostais que mais
avancam no país. E mais:
conforto para autistas;
indicadores de impacto;
curiosidade científica

Este conteúdo está
disponível no site
www.revistapesquisa.fapesp.br,
que contém, além de edições
anteriores, versões em inglês
e espanhol e conteúdo exclusivo

ENERGIA

62 Nova geração de
células solares de perovskita
pode ser mais eficiente

NOVOS MATERIAIS

67 Tecidos humanos
artificiais são alternativa
para testes de medicamentos
e cosméticos em animais

ENTREVISTA

70 Os planos do
presidente da AEB, Marco
Antonio Chamon, para
a exploração espacial

ENGENHARIA AGRÍCOLA

74 Sensores de
umidade do solo com
tecnologia nacional
chegam ao mercado

LINGUÍSTICA

76 Pesquisas evidenciam
a diversidade de
idiomas e o preconceito
linguístico no Brasil

CINEMA

82 Festivais de
audiovisual divulgam
conteúdo científico

MEMÓRIA

86 Em 1933, o Código
de Educação criou um
novo modelo de ensino

ITINERÁRIOS DE PESQUISA

90 O médico Sandro
Matas, que tem
deficiência física, lutou
para tornar a Unifesp
mais inclusiva

OBITUÁRIOS

92 Alberto da Costa
e Silva (1931-2023)

93 Ennio Candotti
(1942-2023)

94 Rubens Rodrigues
Torres Filho (1942-2023)

RESENHAS

95 *Alberto da Veiga
Guignard: Modernidade
e tradição*,
de Taisa Palhares.
Por Vera Beatriz Siqueira

96 *Pancetti:
O moderno periférico*,
de Felipe Scovino.
Por Luiz Armando Bagolin

97 COMENTÁRIOS

98 FOTOLAB

O taxidermista Balduino
e algumas de suas
peças, que são usadas
em aulas e ilustram
exposições (VÍDEO)



Precisa-se de medicamentos

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

Nos anos 1930, o farmacologista fluminense Paulo Seabra desenvolveu uma formulação de sal de cobre (morruato cúprico coloidal) que, aplicado intravenosamente, era utilizado no tratamento da tuberculose. Comercializado sob o nome de Gadusan, chegou a ser exportado. Com a descoberta da estreptomicina, o primeiro antibiótico eficaz contra a chamada peste branca, o tratamento caiu em desuso e deixou de ser fabricado.

Antecipada por Alexander Fleming e observada com o uso disseminado desses remédios, a resistência aos antibióticos é um desafio. A luta contra os microrganismos que escapam à ação dos fármacos se tornou, nas palavras do editor de ciências biomédicas de *Pesquisa FAPESP*, Ricardo Zorzetto, um pesadelo mundial. Esse desafio motiva a pesquisa de novos antimicrobianos, ou de medicamentos de outra classe, como o que fora desenvolvido por Seabra.

São vários os fatores que levam ao desenvolvimento dessa resistência, responsável pela morte de milhares de pessoas por ano no país. Reportagem de capa (*página 12*) mostra que o uso intensivo na saúde humana e no tratamento ou na engorda de animais de criação faz esses compostos chegarem ao ambiente, expondo as bactérias a doses que são insuficientes para seu extermínio. Assim, uma parte pode sobreviver e se multiplicar, acumulando alterações no material genético que permitem esquivar a ação dos fármacos.

O enfrentamento desse problema demanda abordagens complementares, como a prescrição e aplicação responsável dos antibióticos, a vacinação e o desenvolvimento de novos tratamentos. Um obstáculo importante é o foco da indústria farmacêutica em medicamentos lucrativos.

Na pesquisa sobre fármacos, o uso de inteligência artificial e modelagem computacional reduz o tempo dedicado à triagem de novos compos-

tos (*página 18*). Outros avanços que auxiliam a testagem de novos medicamentos são os tecidos humanos reconstituídos. As bioimpressoras permitem a criação de estruturas tridimensionais com células vivas, moléculas e materiais biocompatíveis (*página 67*). Um dispositivo chamado *body-on-a-chip* é usado para preparar tecidos de pele e intestino para avaliar a toxicidade de produtos em desenvolvimento.

A atividade jornalística leva à cobertura de temas que causam preocupação. Os microrganismos resistentes a antibióticos dividem a edição com reportagens inquietantes, mas necessárias. Uma é sobre o acordo importante, mas insuficiente, alcançado na COP 28 (*página 50*). Outras são a catástrofe de Maceió, cidade em que bairros afundam em consequência da mineração de sal (*página 46*), e o registro da transformação da Caatinga. Apenas 11% da vegetação típica do bioma não foram alterados pela ação humana, principalmente por meio da atividade agropecuária (*página 54*).

Há, entretanto, espaço para histórias de vidas dedicadas ao fazer científico, em suas mais variadas formas e por diferentes processos. O diplomata Alberto da Costa e Silva conciliou suas atividades profissionais com seu interesse pela África, tendo se tornado referência para historiadores (*página 92*). É praticamente impossível atuar ou se interessar pela divulgação científica no Brasil sem ter se deparado com Ennio Candotti, físico que liderou a SBPC e criou o Museu da Amazônia (*página 93*). A paralisia infantil aos seis meses influenciou a escolha profissional do médico Sandro Matas, que se dedica a tornar a sua instituição, a Unifesp, mais inclusiva (*página 90*). A ciência nos meios audiovisuais está presente em reportagens sobre festivais de cinema (*página 82*) e tiktokers (*página 28*) que abordam esse universo por meio de entretenimento.

NOTAS

A full-page background image showing a diver in a black wetsuit and mask, swimming underwater. The diver is positioned near a large, fallen tree trunk that is heavily encrusted with green algae and orange coral. Bubbles from the diver's breathing apparatus rise towards the surface. In the lower-left corner, a small, silver fish is visible. The water is clear and blue, with sunlight filtering down from the surface.

Reforçar a proteção do ambiente marinho

"Há uma lacuna na implementação das políticas públicas que já existem para conservação do ambiente marinho", comentou o biólogo Alexander Turra, do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo e um dos coordenadores do *Sumário para tomadores de decisão do primeiro diagnóstico brasileiro marinho-costeiro sobre biodiversidade e serviços ecossistêmicos*, lançado no final de novembro. Elaborado por 65 pesquisadores de universidades e 26 representantes de povos indígenas e populações tradicionais, com o apoio da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES) e da cátedra Unesco para a Sustentabilidade do Oceano da USP, o documento ressalta a importância do mar para a economia e para a regulação do clima. Com 36 páginas, também acentua as transformações do ambiente marinho, como a perda de biodiversidade, e pede medidas mais efetivas de proteção e governança. "A redução da área de manguezais implica menor proteção contra as inundações e menor capacidade de sequestrar carbono da atmosfera", disse Turra. "A pesca precisa ser monitorada de forma muito precisa, para evitar o colapso dos estoques pesqueiros." O sumário deverá ser enviado para órgãos de governo, empresas, centros de pesquisa, organizações não governamentais, museus e escolas.

Mergulhador observa tronco de árvore caído, coberto de algas e recifes alaranjados, em Angra dos Reis, uma das áreas preservadas da costa do Rio de Janeiro

Pesquisa FAPESP ganha prêmio

Pesquisa FAPESP foi a vencedora do Prêmio Einstein +Admirados da Imprensa de Saúde, Ciência e Bem-Estar 2023 na categoria Veículo Especializado em Jornalismo Científico. A revista superou outros dois finalistas da categoria, o *Jornal da USP* e a *Agência Fiocruz de Notícias*, em uma votação on-line em dois turnos realizada entre jornalistas e profissionais de comunicação corporativa, marketing e publicidade. A *Agência FAPESP*, que nas duas primeiras edições do prêmio havia sido a vencedora na categoria agência de notícias, estava novamente entre as três finalistas, mas a ganhadora dessa vez foi a *Agência Brasil*. As agraciadas nas categorias Jornalista Especializado em Ciência e Jornalista Especializado em Ciência na Região Sudeste foram, respectivamente, Luiza Caires, do *Jornal da USP*, e Claudia Collucci, da *Folha de S.Paulo*. Na categoria +Admirado Jornalista de Saúde, Ciência e Bem-Estar, o primeiro lugar coube a Paula Felix, repórter de saúde da revista *Veja*. O oncologista Drauzio Varella foi eleito o +Admirado Colunista. Entre as publicações, também foram premiados a BBC News Brasil (categoria Canal Digital), *DrauzioCast* (Podcast), *Fantástico* (Programa de TV), Portal Drauzio Varella (Site) e *Folha de S.Paulo* (Veículo Impresso). O prêmio está em sua terceira edição e é concedido pelo Hospital Israelita Albert Einstein em parceria com o portal *Jornalistas&Cia*.



O troféu oferecido à revista



Praticar exercícios físicos é medida essencial para manter a saúde

17 medidas para reduzir o risco de câncer

Um grupo internacional de 60 especialistas, entre eles alguns brasileiros, publicou em outubro a 1ª edição do *Código latino-americano e caribenho contra o câncer*, elaborado com apoio da Agência Internacional para a Pesquisa do Câncer da Organização Mundial da Saúde (Iarc/OMS) e da Organização Pan-americana da Saúde (Opas). O documento recomenda a adoção de 17 medidas relevantes no contexto socioeconômico e cultural da América Latina e do Caribe para reduzir a exposição a fatores de risco que são sabidamente carcinogênicos e podem ser evitados. Algumas recomendações: não fumar nem consumir tabaco de outra forma; manter o peso adequado para a idade e a altura; realizar atividades físicas e restringir o tempo que se passa sentado; evitar o consumo de bebidas alcoólicas; manter uma dieta saudável (contendo frutas e grãos integrais e evitando açúcar e alimentos ultraprocessados); proteger-se do sol, da poluição atmosférica e de agentes carcinogênicos no ambiente de trabalho. Orientações para os governos criarem as condições para a população efetivamente se proteger dos fatores de risco acompanham cada recomendação. O câncer já é a principal causa de morte em quase metade dos 33 países e territórios da região. O número de casos novos, de 1,5 milhão em 2020, pode chegar a 2,4 milhões em 2040 (*Cancer Epidemiology*, 16 de outubro).

Aplicativo para estudar polinizadores

Como já se faz com aves por meio dos aplicativos eBird e WikiAves, qualquer pessoa pode registrar a visita a flores de polinizadores como abelhas, moscas e beija-flores. Funciona no país desde 2021 o aplicativo FIT Count, para contagem de flores e insetos, lançado em 2017 pelo UK Pollinator Monitoring Scheme (PoMS) e até 2022 com 909 usuários e 133.471 interações registradas de insetos e aves. Até o final de 2023, 25 usuários no Brasil registraram 1.153 visitas de abelhas, besouros, vespas e mariposas a 19 espécies de plantas, principalmente manjerição (*Ocimum basilicum*) e falsa-érica (*Cuphea hyssopifolia*). As contagens devem ser feitas durante 10 minutos em uma área de 50 por 50 centímetros ao redor das flores de uma planta. O programa pode ser baixado pelo site <https://fitcount.ceh.ac.uk/>, com a escolha do idioma a ser usado. Pesquisadores das universidades de São Paulo (USP), Federal do ABC (UFABC) e do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) fizeram um manual em português (<https://zenodo.org/records/6419201>) para promover a educação ambiental por meio desse aplicativo, que também poderia fornecer dados para pesquisas científicas (*Biodiversity Information Science and Standards*, 23 de agosto).



Contar abelhas em flores ajuda a expandir o olhar para o ambiente



Neblinaphryne mayeri (no alto) e *Caligophryne doylei* (acima): membros únicos de novas famílias de anfíbios

Fauna única no pico da Neblina

Próximo à bandeira que marca o ponto mais alto do Brasil, em uma altitude de quase 3 mil metros no pico da Neblina, pesquisadores reviraram uma pedra e encontraram um pequeno sapo castanho com cerca de 2 centímetros (cm) de comprimento. Não tinham ideia de como classificá-lo. Cerca de mil metros mais abaixo, encontraram outro anfíbio enigmático em meio ao capim. Só com sequenciamento genético foi possível explicar a dificuldade de identificar os achados: eles pertencem a duas novas famílias. Em cada uma delas, só são conhecidas (por enquanto) as espécies encontradas, que receberam os nomes de *Neblinaphryne mayeri* e *Caligophryne doylei*. O primeiro homenageia o general Sinclair James Mayer, responsável por contatos entre projetos universitários e o Exército. “Sem ele, não teríamos feito a expedição ao pico da Neblina em 2017 nem a seguinte, à serra do Imeri, em 2022”, conta o zoólogo Miguel Trefaut Rodrigues, da Universidade de São Paulo. A segunda espécie faz referência ao livro *O mundo perdido*, do escritor escocês Arthur Conan Doyle (1859-1830). As famílias recém-descritas podem ser resquícios de uma fauna em grande parte extinta, o que leva os pesquisadores a qualificarem a região montanhosa da Amazônia como um berçário, onde surgem novas espécies, e um museu, que guarda testemunhos do passado (*Molecular Phylogenetics and Evolution*, 22 de novembro).

A mais antiga das pirâmides?

O monumento mais antigo do mundo em forma de pirâmide talvez não esteja no norte da África nem nas Américas, mas na Indonésia. Situada a quase 900 metros (m) acima do nível do mar e a 200 m de altura na ilha de Java, entre os oceanos Índico e Pacífico, Gunung Padang, com escadarias e muros de contenção, não seria apenas uma colina, mas uma estrutura em forma de pirâmide que teria começado a ser esculpida há pelo menos 27 mil anos, o que a tornaria mais antiga que as pirâmides do Egito. É o que defende o geólogo Danny Natawidjaja, da Agência Nacional de Pesquisa e Inovação (Brin), da Indonésia. Com sua equipe, ele mapeou a superfície do monumento e a estrutura interna com radar e técnicas de tomografia, de 2011 a

2014. As escavações e perfurações sugerem que o monumento teria sido erguido em quatro fases: na mais antiga, entre 27 mil e 16 mil anos atrás, uma colina de rocha vulcânica teria sido esculpida em um formato trapezoidal, e na mais recente, entre 4 mil e 3,1 mil anos, foram colocados grandes blocos de rochas. As conclusões geraram controvérsia. O arqueólogo William Farley, da Universidade Estadual do Sul de Connecticut, nos Estados Unidos, afirmou à revista *Nature* que as amostras de solo de Gunung Padang, embora datadas com precisão, não apresentam marcas de atividade humana, como carvão ou fragmentos de ossos (*Archaeological Prospection*, 20 de outubro; *Atlas Obscura*, 8 de novembro; *Nature*, 28 de novembro).

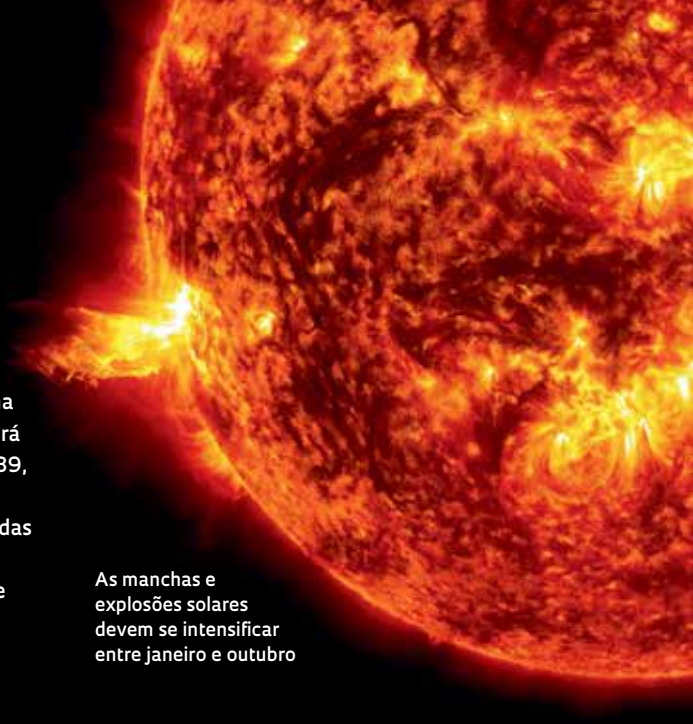


O sítio arqueológico Gunung Padang foi descrito em 1896 como um cemitério antigo

A internet caiu? Pode ser o Sol

Se a internet falhar ou a energia elétrica cair nos próximos meses, talvez não seja culpa exclusiva das operadoras ou dos eventos climáticos extremos. O responsável pode estar a quase 150 milhões de quilômetros da Terra. O Sol deverá atingir um pico de atividade, o chamado máximo solar, entre janeiro e outubro de 2024, de acordo com a Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (Noaa) dos Estados Unidos. Caracterizado pela maior frequência e intensidade das manchas solares visíveis na superfície da estrela mais próxima da Terra, esse fenômeno, que se repete aproximadamente a cada 11 anos, deverá ocorrer um ano antes e ser mais forte e longo do que previsto em 2019. Em 1989, por causa de intensas explosões solares, os moradores de Quebec, no Canadá, ficaram às escuras por cerca de 12 horas. As partículas energéticas redirecionadas para os polos da Terra e colidindo com os átomos de oxigênio e nitrogênio da atmosfera também geram as belíssimas auroras boreais no hemisfério Norte e austrais no Sul (*LiveScience*, 24 de junho; Noaa, 25 de outubro; *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, 28 de novembro).

As manchas e explosões solares devem se intensificar entre janeiro e outubro



4

Para reduzir a violência nas escolas

De 2002 a 2023, houve ao menos 36 ataques com armas a escolas no Brasil, que resultaram na morte de 49 alunos ou professores. Os crimes foram cometidos por homens brancos, que usavam arma de fogo (44% dos casos) ou armas brancas (outros 44%). Sentimento de vingança, ressentimento ou a busca de notoriedade foram gatilhos com frequência associados ao ato, muitas vezes influenciado por discursos de ódio ou conteúdos veiculados por comunidades on-line que pregam a violência extrema. Um relatório coordenado pelo sociólogo Daniel Cara, da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, e apresentado em novembro ao Ministério da Educação, identificou as possíveis causas do problema e propôs 12 ações para enfrentá-lo. São medidas para, por exemplo, atuar para desfazer as comunidades que pregam o ódio; aumentar o controle do acesso a armas; responsabilizar as plataformas de mídias sociais pela circulação de conteúdo extremista e ilegal, assim como as pessoas que compartilham vídeos sobre os ataques. Outras ações sugeridas são criar um ambiente acolhedor e promover políticas de saúde mental nas instituições de ensino, expandir espaços comunitários de lazer e acordar com veículos de comunicação de plataformas digitais as formas mais adequadas de cobrir os casos.

Voo de 7 horas com 100% de SAF

Um Boeing 787 da empresa britânica Virgin Atlantic fez em 28 de novembro de 2023 o primeiro voo transcontinental movido 100% por combustível sustentável (SAF), entre os aeroportos de Heathrow, em Londres, no Reino Unido, até o John F. Kennedy (JFK), em Nova York, nos Estados Unidos. O combustível usado para vencer os 5.570 quilômetros entre as duas cidades, em 7 horas e 16 minutos, foi uma mistura de dois compostos: 88% de ésteres hidroprocessados e ácidos graxos (Hefa), feitos a partir de plantas oleaginosas pela AirBP, uma divisão da BP; e 12% de querosene aromático sintético, produzido a partir de açúcares vegetais pela Virent, dos Estados Unidos. O projeto chamado Flight100 reúne o Imperial College London e a Universidade de Sheffield, ambas no Reino Unido, e as empresas Boeing, Rolls-Royce e BP. Poucos dias antes, em 22 de novembro, em Dubai, a Emirates Airlines também fez história ao completar um voo de demonstração usando um Airbus A380 com um dos quatro motores movidos a 100% de SAF. Outras empresas também pretendem aumentar o uso desse tipo de combustível. Em abril de 2022, a Ryanair anunciou que um terço de seus voos saindo de Amsterdã, nos Países Baixos, teria uma mistura de 40% de SAF (*AutoEvolution*, 23 de novembro; Virgin Atlantic e Imperial College, 28 de novembro).

5



Caminhão abastece o Flight100 antes do voo de Londres para Nova York



Cupuaçu, selecionado por povos nativos há 8 mil anos

Fruta amazônica foi domesticada

Se hoje é possível tomar um sorvete de cupuaçu em São Paulo, longe da Amazônia, onde esses frutos pendem de árvores que podem chegar a 20 metros de altura (*Theobroma grandiflorum*), agradeça a uma história que parece ter começado cerca de 8 mil anos atrás. "Comunidades indígenas cultivam plantas há milênios, e nosso estudo revela que o cupuaçu, antes considerado uma espécie silvestre, é na verdade uma espécie domesticada a partir de um parente silvestre, o cupuf", conta o botânico José Rubens Pirani, da Universidade de São Paulo. A conclusão saiu do trabalho de doutorado, orientado por ele, de Matheus Colli-Silva, atualmente pesquisador no Jardim Botânico Real de Kew, no Reino Unido. A polpa e a semente do cupuf (*T. subincanum*) são parecidas com as do cupuaçu, embora o fruto seja menor. Nos últimos dois séculos, o cupuf passou por um segundo pulso de domesticação, que ampliou sua distribuição a partir do Alto/Médio rio Negro para o resto da Amazônia. A alteração da planta para uso humano teria começado antes que o cacau, outra espécie aparentada, passasse pelo mesmo processo. O achado indica que a polpa de *T. cacao* era apreciada pelas comunidades indígenas muito antes de suas sementes atraírem interesse internacional para o desenvolvimento do chocolate, quando então a planta foi sujeita à seleção para cultivo (*Communications Earth & Environment*, 1º/11).

Uma enciclopédia sobre os astecas

O Instituto de Pesquisa Getty (GRI), dos Estados Unidos, publicou em outubro uma versão on-line da coleção originalmente chamada *Historia general de las cosas de la Nueva España* (História geral das coisas da Nova Espanha, em tradução livre), mais conhecida como *Códice florentino*. A versão digital dos 12 livros, com 2.500 páginas e quase 2.500 ilustrações feitas à mão, está em <https://florentinocodex.getty.edu>. Os livros foram escritos em náuatle (língua também chamada de asteca, ainda com 1,5 milhão de falantes) e espanhol pelo frade franciscano espanhol Bernardino de Sahagún (1499-1590) com a ajuda de anciãos e artistas nativos. Concluídos em 1577 no Colégio Imperial de la Santa Cruz em Tlatelolco, hoje Cidade do México, foram enviados para Roma, chegaram à família Médici e foram incorporados à Biblioteca Medicea Laurenziana, em Florença, Itália, vindo daí o nome de *Códice florentino*. A edição on-line contém transcrições em náuatle e espanhol, traduções em inglês e espanhol e mecanismo de busca de textos e imagens. Considerada a fonte de informações mais confiável sobre os Mexicas (um dos grupos de povos indígenas que governaram o Império Asteca) e a conquista do México pelos espanhóis (1518-1521), a coleção foi incorporada ao Registro da Memória do Mundo da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) em 2015 (*AtlasObscura*, 8 de novembro).



Ilustrações e textos do *Códice florentino* retratam a vida dos povos nativos do México antes da chegada dos europeus

Recorde da Rednesp

A Rednesp (Research and Education Network at São Paulo) quebrou recorde de transmissão de dados acadêmicos na conferência Supercomputing 2023, realizada em novembro na cidade de Denver, nos Estados Unidos. A rede disponibiliza conexões de dados de alta velocidade para a comunidade acadêmica do estado de São Paulo, conectando de instituições de educação e pesquisa com o exterior. A Rednesp participou de uma demonstração de transmissão conjunta, liderada pelo Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), que atingiu 6,2 terabits por segundo (Tbps). Cada instituição injetava na rede o maior volume de dados compatíveis com sua infraestrutura de computadores e ativos de rede. Utilizando servidores das universidades Estadual Paulista (Unesp), de São Paulo (USP) e Mackenzie, a Rednesp colaborou com 260 gigabits por segundo (Gbps), o equivalente a 4% do total, para o fluxo total de dados. A maior taxa de transmissão obtida até então havia sido de 80 Gbps. Apoiada pela FAPESP, a Rednesp também testou o Backbone SP, inaugurado no início de 2023, que interliga às redes acadêmicas internacionais oito instituições de ensino e pesquisa: USP, Unesp, Mackenzie, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e as universidades federais do ABC (UFABC), de São Carlos (UFSCar) e de São Paulo (Unifesp) (Agência FAPESP, 5 de dezembro).



3

Os percalços de viver no espaço

Seu sonho, acalentado quando as coisas por aqui não vão bem, é viver no espaço? Pense bem. A falta de gravidade pode causar perda de densidade óssea e muscular, problemas de visão, dificuldade para urinar e uma possível disfunção erétil. Um dos problemas identificados mais recentemente é que, após uma caminhada no espaço, provavelmente por causa da pressão atmosférica, muitas unhas caem – os trajes são pressurizados, mas as luvas não. A hipótese mais aceita é de que as luvas, que têm uma camada apertada de borracha para simular a pressão atmosférica, possam prender a circulação do sangue e assim provocar a queda das unhas. Essa situação deve ser de algum modo amenizada com os novos trajes espaciais do programa Artemis, que pre-

tende levar à Lua a primeira mulher e a primeira pessoa negra até 2025. Na Estação Espacial Internacional (ISS), que no final de 2023 completou 25 anos em operação, um experimento com embriões de ratos alimentou a possibilidade de seres humanos e outros mamíferos se reproduzirem no espaço. Ao chegar à estação espacial, em agosto de 2021, os embriões foram descongelados e cultivados sob microgravidade durante quatro dias. Foram então devolvidos à Terra e comparados com embriões que cresceram em gravidade normal. Na ISS começaram a crescer normalmente, embora a taxa de sobrevivência tenha sido menor do que aqueles que ficaram na Terra (Space.com, 31 de outubro; *iScience*, 17 de novembro; *ScienceAlert*, 28 de novembro).

Experimento na ISS indicou que se reproduzir no espaço talvez seja possível

Peças voltam a museu da Argentina

Em 2010, a revista *Science* apresentou o fóssil de uma planta da família Asteracea com 47 milhões de anos. Encontrado perto da cidade de Bariloche, na Argentina, poderia indicar que os antecessores da margarida, do girassol e da alface, entre outras 23 mil espécies desse grupo, poderiam ter surgido na Patagônia. O raro fóssil foi guardado no Museu Argentino de Ciências Naturais Bernardino Rivadavia (MCNBR), de Buenos Aires, e depois roubado, com outros itens. O butim incluiu o esqueleto completo de um hadrossauro – dinossauro herbívoro com 8 a 10 metros (m) de comprimento e 4,6 m de altura –, ovos de dinossauro e uma amonite (animal marinho extinto). Em novembro, cerca de 6.400 peças voltaram ao museu, depois de terem sido recuperadas pelas alfândegas da Argentina e da Espanha. As peças foram enviadas ilegalmente para a Espanha em setembro de 2020 provavelmente por um homem da província (estado) de Rio Negro, centro-sul da Argentina, que alegou uma mudança para a Europa. As autoridades do Rio Negro receberam um alerta, mas as peças já tinham saído do país. “É um orgulho poder devolver nosso patrimônio ao seu local de origem”, comentou o diretor-geral da alfândega, Guillermo Michel, em um comunicado do Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Tecnológicas (Conicet) (*Science*, 24 de setembro de 2010; *Newsletter Conicet*, 14 de novembro).



Este fóssil com 47 milhões de anos pode ser o parente mais antigo já encontrado da margarida, do girassol e da alface

CAPA

O AVANÇO DAS SUPERBACTÉRIAS



Cresce nos hospitais brasileiros a presença de microrganismos resistentes a múltiplos medicamentos, causa direta de 33,2 mil mortes no país em 2019

Ricardo Zorzetto

Nazareno Scaccia calçou um par de luvas, apanhou um balde de aço esterilizado e o atou à extremidade de uma corda. Em seguida, baixou-o até o fundo da galeria que recebe o esgoto dos bairros centrais de São Caetano, na Região Metropolitana de São Paulo, antes de içá-lo cheio de uma água levemente turva, com coloração amarela-acastanhada e odor desagradável. Armazenou o líquido em um galão plástico e usou uma seringa acoplada a um filtro para preencher um pequeno frasco. “Fazemos isso para separar os microrganismos e evitar que degradem os compostos químicos presentes na água”, explicou o microbiologista italiano, que faz estágio de pós-doutorado na Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP). Algumas bactérias são capazes de digerir o princípio ativo dos antibióticos, o que atrapalha a detecção desses compostos na água.

Naquela manhã de 6 de novembro, Scaccia e as biólogas Miriam Lopes da Silva e Francisca Peternella ainda percorreriam outros oito pontos da cidade vizinha a São Paulo repetindo o procedimento. A água coletada da torneira, de riachos e do esgoto comum e hospitalar seria depois levada a um laboratório na Faculdade de Saúde Pública (FSP) da USP para verificar a presença de bactérias resistentes a antibióticos. O trabalho é parte de um projeto internacional, coordenado no Brasil pela infectologista Anna Sara Levin, da FM-USP, que se destina a avaliar se a prescrição e o uso adequado desses medicamentos podem reduzir o surgimento e a dispersão de microrganismos contra os quais os antibióticos não produzem mais o efeito desejado.

A disseminação de bactérias e outros microrganismos resistentes a quase todos os antimicrobianos disponíveis é um pesadelo mundial. Ela ocorre desde que os primeiros antibióticos começaram a ser usados e avança rapidamente,

tirando o sono dos especialistas por representar uma ameaça a uma das maiores conquistas da medicina moderna: a capacidade de debelar infecções. Sem antibióticos eficientes, fica quase impossível realizar cirurgias, transplantes e tratamentos quimioterápicos contra o câncer em segurança. Problemas comuns, como um corte mais profundo ou uma infecção respiratória, podem se tornar uma ameaça à vida.

“Poucas intervenções aumentaram tanto a longevidade humana quanto a oferta de água tratada e o desenvolvimento de vacinas e antibióticos”, conta o infectologista Arnaldo Lopes Colombo, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), que coordena o Instituto Paulista de Resistência aos Antimicrobianos, um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) apoiados pela FAPESP. Algumas estimativas indicam que o uso de antibacterianos para tratar infecções aumentou a longevidade humana em cerca de 20 anos.

Antibióticos são compostos químicos que inibem o crescimento de bactérias ou as matam. Agem apenas contra esses microrganismos, e não funcionam, por exemplo, contra vírus. Tecnicamente, o termo é usado para definir os compostos de origem natural (produzidos por fungos ou outras bactérias) que eliminam bactérias patogênicas. Popularmente, no entanto, ele é empregado para as moléculas sintéticas ou semissintéticas que exterminam esses microrganismos. Há cerca de 12 classes de antibióticos. Cada uma atua em um ponto diferente da estrutura ou do funcionamento das bactérias (ver infográfico na página 16).

Expostas à concentração adequada dos antibióticos e por tempo suficiente, as bactérias facilmente morrem. Se a dosagem e duração do tratamento forem inferiores ao necessário para aniquilá-las, uma parte pode sobreviver e se multiplicar, acumulando alterações no material genético que permitem escapar à ação dos fármacos.

As bactérias estão em todos os lugares: na água, no solo, no ar e nas superfícies, inclusive do nos-

Cultura de bactéria *Klebsiella pneumoniae* preparada pela biomédica Thais Rezende no Laboratório Especial de Microbiologia Clínica da Unifesp

DOZE AMEAÇAS GLOBAIS

Grupos de bactérias contra as quais é necessário desenvolver novos tratamentos, classificadas segundo 10 critérios, como mortalidade e transmissibilidade

● Bactéria

◆ Tipo de antibiótico a que é resistente

PRIORIDADE CRÍTICA

São patógenos resistentes a vários medicamentos, particularmente perigosos em hospitais e casas de repouso

● *Pseudomonas aeruginosa*

◆ Carbapenemas

● *Acinetobacter baumannii*

◆ Carbapenemas

● Bactérias da família Enterobacteriaceae

Incluem *Escherichia coli* e as bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Serratia* e *Proteus*

◆ Resistentes às carbapenemas e às cefalosporinas de 3ª geração

PRIORIDADE ALTA

Bactérias que alcançam pontuação intermediária na soma dos 10 critérios e estão cada vez mais resistentes aos fármacos disponíveis

● *Enterococcus faecium*

◆ Vancomicina

● *Helicobacter pylori*

◆ Claritromicina

● *Staphylococcus aureus*

◆ Vancomicina e meticilina

● Bactérias do gênero *Campylobacter*

◆ Fluoroquinolonas

● Bactérias do gênero *Salmonella*

◆ Fluoroquinolonas

● *Neisseria gonorrhoeae*

◆ Cefalosporinas de 3ª geração e fluoroquinolonas

PRIORIDADE MÉDIA

Microrganismos com a pontuação mais baixa entre os prioritários. Também estão mais resistentes aos antibióticos

● *Haemophilus influenzae*

◆ Ampicilina

● Bactérias do gênero *Shigella*

◆ Fluoroquinolonas

FONTE: WHO, 2017

so corpo. Com o uso intensivo de antibióticos na saúde humana e na produção de alimentos, para proteger ou tratar os animais de criação de doenças e induzir ganho de peso, as bactérias são continuamente expostas a esses fármacos. Esse contato favorece a seleção das variedades resistentes.

“Estamos vendo surgir bactérias contra as quais não há mais medicamentos eficazes”, relata a infectologista brasileira Fernanda Lessa, chefe do programa internacional de controle de infecções dos Centros de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) dos Estados Unidos. Ela coordenou um suplemento especial sobre o assunto, publicado em julho de 2023 na revista *Clinical Infectious Diseases*, e afirma: “Por sorte as infecções causadas por esses microrganismos ainda são relativamente raras na comunidade e estão quase sempre restritas aos hospitais”.

Mesmo assim, as infecções por bactérias resistentes a múltiplos medicamentos – também chamadas de multirresistentes ou superbactérias – causam um estrago enorme. Um levantamento coordenado pelo epidemiologista Ramanan Laxminarayan, da Universidade de Princeton, nos Estados Unidos, estimou que, a cada ano, no mundo, ocorram 136 milhões de casos de infecção hospitalar causados por esses microrganismos. Segundo os dados, publicados em junho de 2023 na revista *PLOS Medicine*, a China é, de longe, a nação mais afetada, com 52 milhões de registros. **O Brasil aparece em quinto lugar, com 4 milhões de casos.**

No mundo todo, esses microrganismos foram os responsáveis diretos por 1,27 milhão de mortes em 2019. Quando se incluem os casos em que o indivíduo tinha outra doença além da infecção, esse número sobe para 4,95 milhões, próximo ao total de óbitos registrados em três anos de pandemia de Covid-19 e bem superior à soma das mortes anuais por malária, Aids e tuberculose.

Essas cifras foram calculadas por um grupo internacional de pesquisadores, do qual participaram brasileiros, com base em dados de 204 países. Publicado em 2022 na revista *The Lancet*, o trabalho mostra que quase 80% dos óbitos decorreram de infecções no trato respiratório inferior (bronquites e pneumonias), no sistema circulatório ou na cavidade abdominal.

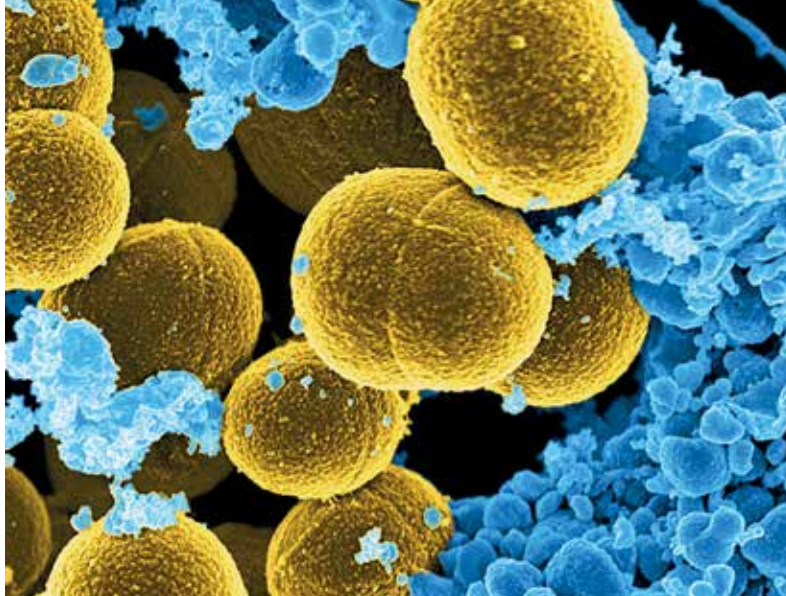
Seis espécies de superbactérias foram responsáveis por ao menos 70% das mortes: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Streptococcus pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* e *Pseudomonas aeruginosa*. Todas integram a lista de patógenos prioritários, publicada em 2017 pela Organização Mundial da

Saúde (OMS), contra os quais é preciso desenvolver novos antibióticos (ver página ao lado).

Com 14% da população mundial, os 35 países das Américas concentram aproximadamente 11% das mortes por infecções bacterianas resistentes a antibióticos. Foram 141 mil óbitos diretamente provocados por esses microrganismos e 569 mil associados a eles em 2019, segundo estudo publicado em agosto de 2023 na revista *The Lancet Regional Health – Americas*. Novamente, a grande maioria (80%) foi causada pelos seis patógenos. As ocorrências, em números absolutos, estão concentradas nas nações mais populosas: Estados Unidos e Brasil. Aqui, foram 33,2 mil mortes (cerca de 90 por dia) diretamente causadas por infecções resistentes e 138 mil nas quais as superbactérias tiveram alguma participação. “Os grupos mais afetados estão nos extremos da pirâmide etária da nossa população, os bebês de até 1 mês de vida e as pessoas com mais de 65 anos”, conta o pediatra Eitan Berezin, da Faculdade de Medicina da Santa Casa de São Paulo, um dos autores do estudo (ver gráfico nesta página).

“Suspeito que hoje o número de mortes no Brasil e no mundo seja ainda mais elevado”, relatou Lessa, do CDC, em entrevista por videochamada em setembro. “Esses estudos usaram dados de 2019 e na pandemia de Covid-19 aumentou o consumo de antibióticos”, disse.

Dois estudos coordenados por ela e publicados em julho na *Clinical Infectious Diseases* indicaram essa tendência. Em um dos trabalhos, Lessa e colaboradores analisaram os registros de dispensação desses medicamentos em seis hospitais – dois no Brasil, dois no Chile e dois na Argentina – em dois períodos: entre março de 2018 e fevereiro de 2020 e no primeiro ano da pandemia. Com o au-



Microscopia eletrônica de *Staphylococcus aureus* (amarelo), que causa cerca de 120 mil mortes por infecção hospitalar por ano nas Américas

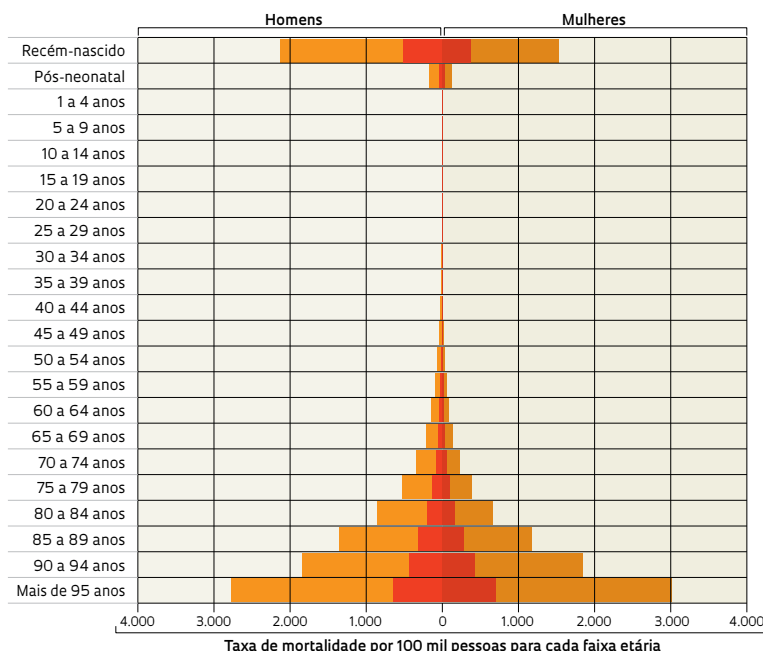
mento das internações após o surgimento do novo coronavírus, o uso de antibióticos cresceu nos seis hospitais (até 35%), algo antes observado nos Estados Unidos. No Brasil, também aumentaram as prescrições de antibióticos para tratar infecções respiratórias na comunidade. Entre janeiro de 2019 e março de 2020, foram receitados 19,9 milhões de doses, no primeiro ano da pandemia, 27,5 milhões, de acordo com o segundo estudo.

Antes mesmo do aparecimento do novo coronavírus já havia sinais do crescimento do consumo desses medicamentos no mundo. Laxminarayan, de Princeton, e colaboradores rastrearam a venda de antibióticos em 76 países de 2000 a 2015 e observaram dois efeitos. O primeiro foi um aumento de 65% na quantidade consumida, de 21,1 bilhões para 34,8 bilhões de doses diárias, segundo estudo publicado em 2018 na revista *PNAS*. O segundo é que cresceu quase 40% a proporção de pessoas usando esse tipo de medicamento: havia 11,3 do-

IMPACTO SOBRE OS EXTREMOS

Mortes diretas e indiretas associadas a infecções resistentes a antibióticos afetam mais recém-nascidos e idosos

■ Mortes associadas
■ Mortes atribuídas



FONTE: ANTIMICROBIALS RESISTANCE COLLABORATORS, THE LANCET REGIONAL HEALTH – AMERICAS, 2023

ses diárias para cada mil habitantes em 2000 e 15,7 por mil em 2015. A elevação foi puxada pela melhora econômica em países de média e baixa renda. Apesar da subida, estima-se que 6 milhões de pessoas morram por ano no mundo por falta de acesso a antibióticos.

O aumento no uso desses fármacos, intensificado na pandemia, e a superlotação dos hospitais parecem ter contribuído para a dispersão de genes que permitem às bactérias se livrar de medicamentos.

No Brasil, essa tendência foi observada pelo infectologista Carlos Kiffer, da Unifesp, e colaboradores da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR) e da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Eles analisaram os dados provenientes de testes genéticos de mais de 80 mil amostras de bactérias coletadas em hospitais de quase todo o país de 2017 a 2022 e constataram que, na pandemia, houve um aumento significativo (de 4 a 21 pontos percentuais) na frequência de genes que conferem a oito espécies de bactérias resistência aos carbapenêmicos, antibióticos considerados o último recurso para tratar infecções hospitalares graves. *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* e *Acinetobacter baumannii* estavam entre os principais microrganismos, segundo o trabalho, publicado em julho na *Clinical Infectious Diseases*. “Havia evidências pontuais de que alguns desses genes estavam se tornando

mais comuns no país. Ajudamos a dimensionar o problema”, conta Kiffer.

Para a infectologista Anna Levin, da USP, coordenadora do projeto de rastreamento citado no início desta reportagem, a ocorrência de infecções hospitalares por bactérias resistentes é um reflexo da qualidade do atendimento. “Quando o sistema está no limite, com excesso de pacientes e poucos profissionais para atender, as taxas de infecção aumentam”, afirma a pesquisadora, que preside a comissão de controle de infecção do Hospital das Clínicas da USP, o maior complexo de saúde do país. Durante a pandemia, o grupo de Levin conseguiu controlar a disseminação de infecções por bactérias multirresistentes no pronto-socorro do hospital ao submeter as pessoas que eram internadas a testes de detecção dos patógenos e isolar aquelas colonizadas, tratando-as separadamente.

Embora a resistência a antibióticos seja um problema antigo, só recentemente o mundo passou a prestar atenção a ele, por causa de dois documentos: um relatório de 2014 da OMS, que mostrou que o fenômeno estava disseminado pelo planeta, e um estudo conduzido pelo economista James O’Neill, a pedido do governo do Reino Unido, que projetou um cenário catastrófico para 2050. Se nada for feito, as infecções resistentes aos antibióticos deverão causar 10 milhões de mortes por ano na metade do século e provocar perdas na economia que podem chegar a US\$ 100 trilhões.

Em sua edição de 2016, o livro *Microbiologia de Brock*, adotado em cursos da área da saúde, informa que ao menos 10 mil toneladas de antibióticos

OS PRINCIPAIS ALVOS DOS ANTIBIÓTICOS

Fármacos antimicrobianos são classificados segundo a estrutura do patógeno sobre a qual agem

PAREDE CELULAR

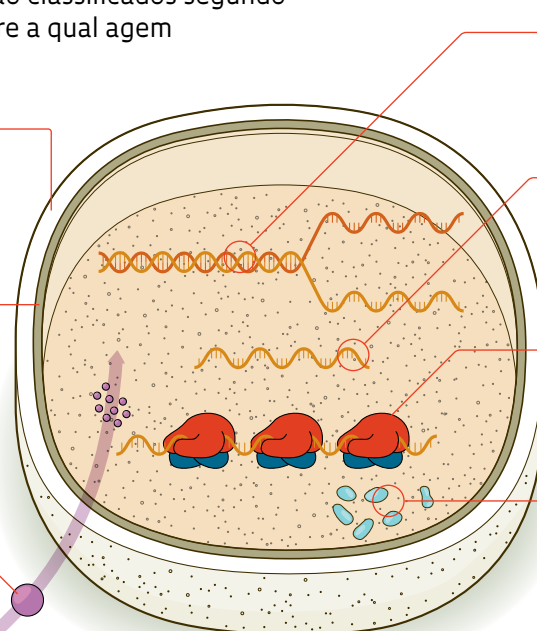
As penicilinas, as cefalosporinas, os carbapenemas e outros compostos inibem a síntese da parede celular, que dá forma à bactéria

MEMBRANA CELULAR

A daptomicina e as polimixinas abrem poros na membrana citoplasmática, bolsa lipídica que abriga as organelas e o material genético

ÁCIDO FÓLICO (VITAMINA B9)

As sulfonamidas e a trimetoprima inibem a produção de ácido fólico, essencial para a síntese de DNA e RNA



DNA

As quinolonas e a novobiocina impedem o enovelamento da molécula de DNA, essencial para a multiplicação bacteriana

RNA

Rifampina, estreptovaricinas, mupirocina e puromicina interferem na síntese ou no funcionamento do RNA, afetando a leitura dos genes e a produção de proteínas

RIBOSSOMO

Eritromicina, cloranfenicol, tetraciclina e um número grande de fármacos atrapalham a atividade do ribossomo, estrutura que monta as proteínas

LIPÍDIOS

A platensimicina obstrui a produção de lipídios, moléculas que integram a membrana celular e atuam na produção de energia



Coleta de água de esgoto de São Caetano para avaliar a presença de bactérias resistentes a antibióticos (à esq.) e preparação para a filtração



são produzidas por ano no mundo e utilizadas na saúde humana e animal. Uma consequência é que esses produtos, mesmo quando usados de forma correta, contaminam o ambiente, favorecendo o surgimento de bactérias resistentes. “No Brasil, não é obrigatório tratar o esgoto hospitalar para a eliminação de bactérias presentes na urina e fezes dos pacientes ou no ambiente hospitalar. Não temos um bom sistema de vigilância que integre a frequência de microrganismos resistentes nos hospitais e monitore a sua disseminação para a comunidade e o meio ambiente”, conta Ana Gales, a infectologista da Unifesp que estuda o assunto.

Nos últimos anos, uma série de trabalhos trouxe evidências de que o problema que deveria ser predominantemente hospitalar já se acentuou no ambiente. A equipe da farmacêutica bioquímica Eliana Stehling, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto da USP, acompanha a dispersão de bactérias multirresistentes a antibióticos em quase 50 cidades no norte do estado e já detectou esses microrganismos em amostras de solos de áreas agrícolas e de criação de animais, além de águas de rios, córregos e riachos. “No ambiente, em especial na água, esses fármacos podem selecionar superbactérias, acelerando a dispersão da resistência antimicrobiana, uma vez que esses microrganismos trocam material genético entre si”, conta o farmacêutico João Pedro Furlan, do grupo de Ribeirão Preto.

No campus de São Paulo da USP, o microbiologista chileno Nilton Lincopan e sua equipe já identificaram bactérias resistentes onde quer que se possa imaginar. Elas estão na água dos rios Tietê e Pinheiros, que cortam a capital, e infectando tartarugas, pinguins, baleias e golfinhos, além de aves marinhas, no litoral brasileiro. “Registramos uns 30 casos nos últimos quatro anos”, conta o pesquisador.

Também foram encontradas em cães e gatos atendidos em clínicas e hospitais veterinários da cidade e em amostras de alface, rúcula e re-

polho frescos vendidos no principal entreposto comercial de São Paulo. “Algumas variedades são resistentes ao ambiente ácido. Isso significa que podem sobreviver à passagem pelo estômago e colonizar o intestino de quem come uma verdura mal lavada”, explica Lincopan.

O fenômeno que se observa há mais tempo entre as bactérias ocorre também com os fungos, embora seja mais difícil de mensurar pela falta de dados. Por essa razão, em 2022, a OMS lançou a primeira lista de patógenos fúngicos prioritários para planejamento de ações de saúde pública. Nela, foi incluída a levedura *Candida auris*, que vem causando surtos em hospitais de todos os continentes. “As infecções por fungos multirresistentes aos medicamentos existentes são menos comuns, mas podem ser mais letais que as bacterianas”, afirma Colombo, da Unifesp, um estudioso do problema.

Diante desse cenário, os especialistas recomendam algumas medidas. As mais simples e abrangentes, a serem praticadas por todos, são realizar boa higiene pessoal e dos alimentos, além de se vacinar contra os microrganismos para os quais há imunizante, como certas bactérias causadoras de pneumonia, tuberculose e meningite. Outra é usar de modo otimizado e rigoroso os medicamentos. Os médicos devem prescrever antibióticos apenas para as infecções bacterianas, se possível com o auxílio de testes que permitam saber qual o fármaco mais adequado para cada caso, e antifúngicos para as infecções por fungos. Já o paciente deve usar a dose recomendada e pelo tempo indicado, mesmo que melhore antes. Sempre que possível, o ideal é manter-se longe dos hospitais e, quando necessário, passar neles o menor tempo possível. ■

Os projetos e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.



BUSCA SEM FIM

Linha de produção na França da combinação de amoxicilina com clavulanato de potássio

Após período de declínio, procura por antibióticos contra microrganismos resistentes aos tratamentos atuais precisa ganhar fôlego

Ricardo Zorzetto

Uma notícia promissora no combate às bactérias resistentes a medicamentos surgiu em maio de 2023. Com o auxílio de inteligência artificial, pesquisadores do Canadá e dos Estados Unidos identificaram um composto com ação potente e específica contra *Acinetobacter baumannii*, uma bactéria que frequentemente causa infecções graves nos pulmões e no trato urinário de pessoas internadas em hospitais. Esse patógeno integra a lista criada em 2017 pela Organização Mundial da Saúde (OMS) das bactérias contra as quais se buscam novos tratamentos com urgência porque os antibió-

ticos atuais já não conseguem eliminá-las (ver reportagem na página 12).

A equipe liderada por James Collins, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), nos Estados Unidos, e Jonathan Stokes, da Universidade McMaster, no Canadá, treinou um modelo computacional para reconhecer as propriedades de 480 compostos com alguma ação contra *A. baumannii* entre os 7.684 já testados para combater o microrganismo. Depois, apresentou ao modelo outras 6.680 moléculas sem ação antibiótica conhecida, a fim de que o programa encontrasse aquelas com maior probabilidade de matar o patógeno. Em poucas horas, a lista de 6.680 compostos foi reduzida para 240, algo que levaria dias ou meses

pelos métodos tradicionais de testagem. Quarenta das 240 moléculas foram capazes de inibir o crescimento de *A. baumannii* em laboratório. Uma em especial saiu-se bem – a abaucina – e seguiu para os testes em animais. O caminho ainda é longo até que possa vir a se tornar um antibiótico para uso humano.

Ainda que reduzam o tempo gasto na triagem de compostos, a modelagem computacional e a inteligência artificial, por si só, não devem resolver a questão da resistência aos antibióticos. O problema é tão antigo quanto o uso desses compostos pela medicina moderna e, na avaliação de especialistas, exigirá ações diversas: do emprego rigorosamente controlado desses medi-

camentos na saúde humana e animal à prevenção de infecções por meio de higiene e, quando possível, de vacinação, além de, claro, o desenvolvimento de novos medicamentos.

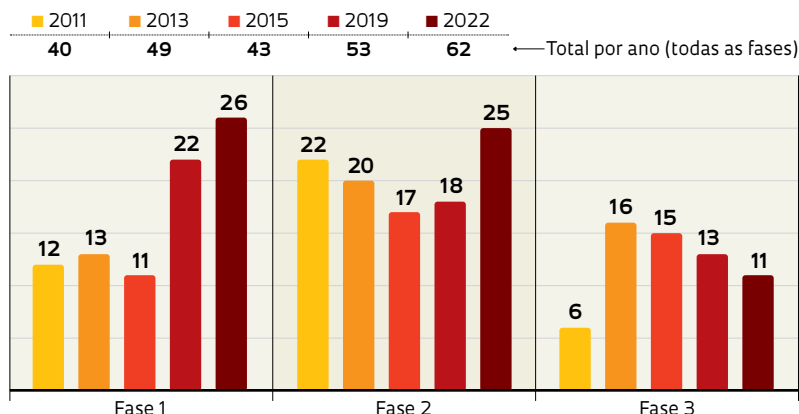
O primeiro antibiótico sintético de que se tem notícia foi a arsfenamina, um composto contendo arsênico identificado em 1907 no laboratório do médico alemão Paul Ehrlich (1854-1915), embora haja pistas de que preparos com produtos naturais fossem usados desde a Antiguidade.

Em testes com coelhos em 1909, Ehrlich e o bacteriologista japonês Sahachiro Hata (1873-1938) demonstraram que a arsfenamina era capaz de eliminar a bactéria da sífilis (*Treponema pallidum*) sem matar os animais. O trabalho abriu caminho para que, no ano seguinte, o composto, com o nome comercial de Salvarsan, passasse a ser usado no tratamento dessa doença sexualmente transmissível que acompanhava a humanidade havia séculos. Em 1928, porém, surgiram os primeiros relatos de casos em que o Salvarsan não surtia mais efeito contra algumas variedades de *T. pallidum*.

O mesmo ocorreu com a penicilina. O composto foi identificado em 1928 pelo médico escocês Alexander Fleming (1881-1955) em uma cultura da bactéria *Staphylococcus aureus* contaminada por acaso com um fungo do gênero *Penicillium* em seu laboratório no Saint Mary's Hospital, em Londres, e logo passou a ser usado para tratar infecções. Ainda levaria mais de uma década para que outros pesquisadores conseguissem purificar o

CANDIDATOS A ANTIBIÓTICO EM DESENVOLVIMENTO

O gráfico mostra o número de compostos em cada fase dos testes clínicos



FONTE BUTLER, M. S. ET AL. THE JOURNAL OF ANTIBIOTICS. 2023

princípio ativo e dominar a produção em grande escala. No entanto, mesmo antes do uso amplo da penicilina na Segunda Guerra Mundial, quando salvou a vida de milhares de soldados, já havia sinais de que as bactérias poderiam se tornar resistentes ao medicamento.

Fleming sabia disso e passou a chamar a atenção para o problema, inclusive no discurso feito ao receber o Nobel de Medicina de 1945. “Não é difícil tornar micróbios resistentes à penicilina em laboratório, expondo-os a concentrações insuficientes para matá-los... Existe o perigo de que o homem ignorante possa facilmente subdosar-se e, ao expor os seus micróbios a quantidades não letais

da droga, torná-los resistentes”, afirmou o médico escocês.

Tem sido assim. O uso disseminado desses compostos na saúde humana, animal e na produção agrícola vem sendo acompanhado do surgimento de bactérias resistentes a diferentes antimicrobianos. “As previsões de Fleming revelaram-se precisas: a utilização incorreta, por vezes um verdadeiro abuso, de antibióticos, acelera o desenvolvimento e a propagação de bactérias resistentes a eles”, escreveram o químico Marco Terreni, da Universidade de Pávia, na Itália, e seus colaboradores em um artigo de revisão sobre novos antibióticos, publicado em 2021 na revista *Molecules*.

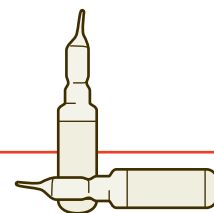
JOGO DE GATO E RATO

Antibióticos perdem efeito contra bactérias poucos anos após começarem a ser usados no combate a infecções

AÇÃO

1910

Com o nome comercial de Salvarsan, a arsfenamina começa a ser usada para tratar sífilis



DESCOBERTA

1907

O grupo do médico alemão **Paul Ehrlich** identifica ação da arsfenamina contra bactérias

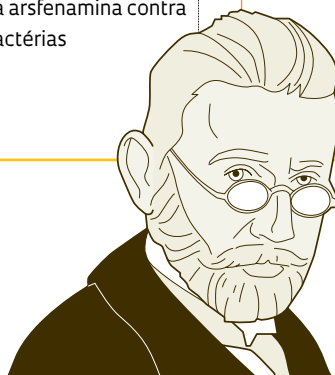
RESISTÊNCIA

1928

O médico escocês Alexander Fleming observa efeito de composto produzido pelo fungo *Penicillium chrysogenum* contra bactérias

1928

Surgem as primeiras cepas de bactérias resistentes à ação do Salvarsan



“É como um jogo de xadrez”, afirma a farmacêutica bioquímica Ilana Camargo, coordenadora do Laboratório de Epidemiologia e Microbiologia Moleculares (LEMiMo), instalado no *campus* de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP). Seu grupo se dedica a caracterizar bactérias resistentes a múltiplos antibióticos e a identificar novos compostos com o potencial de combatê-las. O mais recente encontrado por eles é um derivado sintético da plantaricina 149, peptídeo produzido pela bactéria *Lactobacillus plantarum*. Nos testes *in vitro*, a molécula eliminou 60 bactérias de diferentes espécies e linhagens com graus variáveis de resistência a medicamentos já disponíveis no mercado, segundo artigo publicado em fevereiro de 2023 na *Antibiotics*. “Sempre que pensamos ter colocado uma bactéria ‘em xeque’ com um novo antibiótico, logo ela encontra uma forma de escapar”, conta.

Desde o início do século XX, dezenas de antibióticos já foram identificados. São moléculas que pertencem a diferentes classes e apresentam mecanismos de ação distintos. Uma proporção importante delas – superior a 75%, segundo alguns pesquisadores – é de origem natural, produzida por outros microrganismos. Por um longo período, uma das campeãs em fornecer novos antibióticos foram as bactérias do gênero *Streptomyces*. Um artigo de revisão publicado em 2019 por pesquisadores do Reino Unido na revista *Current Opinion in Microbiology* estima que essas bactérias, encontra-

das no solo e em vegetação em decomposição, foram a fonte de 55% dos antibióticos descobertos entre 1945 e 1978. Neomicina, estreptomicina, grisemicina e cloranfenicol estão entre eles. Quase sempre, no entanto, pouco tempo após a introdução de um novo composto no mercado, as bactérias se tornam resistentes a ele. Em alguns casos, a mais de um antibiótico (*ver linha do tempo entre as páginas 19 e 21*).

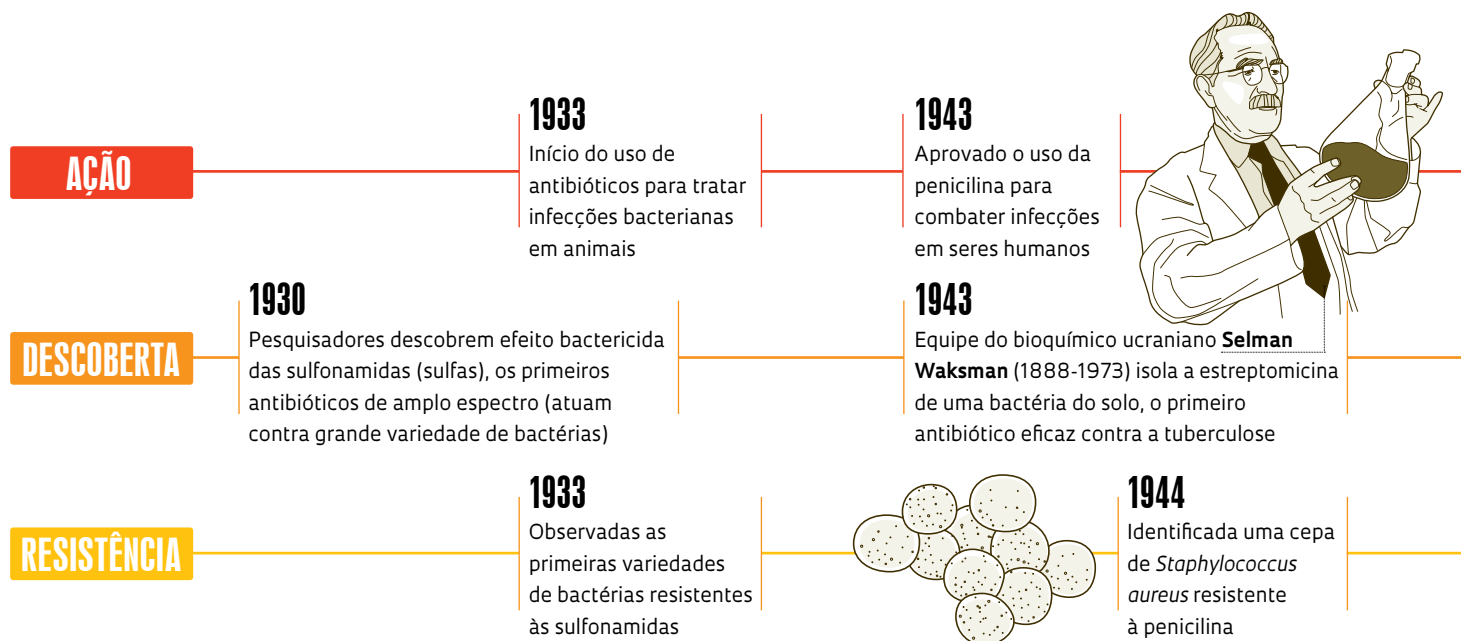
Até o final dos anos 1970, as grandes empresas da indústria farmacêutica solucionavam a questão lançando um novo antibiótico, produzido com base em moléculas extraídas de outras bactérias ou fungos e com estrutura química diferente dos anteriores. Mas esses compostos começaram a escassear porque se tornou mais difícil encontrá-los nos microrganismos mais estudados. “Os frutos ao alcance da mão já haviam sido colhidos”, conta Camargo, que integra o Centro de Pesquisa e Inovação em Biodiversidade e Fármacos (CIBFar), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) apoiados pela FAPESP. “Passou a ser necessário investir em pesquisas para modificar a estrutura química de moléculas já conhecidas”, explica.

A facilidade anterior de obter novos antibióticos e o bom desempenho dos então disponíveis criavam uma falsa sensação de segurança, que se somou a

uma mudança importante na indústria farmacêutica. No início dos anos 1980 uma nova geração de gestores chegou à direção das grandes empresas e reorientou o foco dos investimentos para o desenvolvimento de medicamentos mais caros e lucrativos, destinados a tratar o câncer e doenças associadas ao estilo de vida, como o diabetes, relataram o químico Matthew Todd, da University College London, no Reino Unido, e colaboradores em 2021 na revista *Wellcome Open Research*. “O problema central do *pipeline* de antibióticos vazio não é científico, mas econômico”, afirmaram.

O retorno advindo da venda dos novos fármacos, mais caros e difíceis de se obter, em geral, não pagava o custo do desenvolvimento. E, segundo alguns especialistas, os lucros com as vendas caíam ainda mais com a chegada ao mercado das versões genéricas desses medicamentos. “Nesse período, várias grandes indústrias fecharam departamentos inteiros e encerraram programas de triagem e desenvolvimento de antibióticos”, lembra a bioquímica brasileira Andréa Dessen, coordenadora do Grupo de Patogênese Bacteriana do Instituto de Biologia Estrutural (IBS), em Grenoble, França.

O que antes era feito pela indústria farmacêutica ficou a cargo dos laboratórios universitários e das startups, que até encontram moléculas promissoras, mas não conseguem completar o ciclo de desenvolvimento de uma nova medicação. “Os laboratórios acadêmicos não têm capacidade de cumprir todas



as etapas e muitas dessas pequenas empresas vão à falência por não conseguir manter o nível necessário de investimento”, completa Dessen.

O resultado foi uma queda na aprovação de antibióticos baseados em moléculas inovadoras, que levou as décadas seguintes a serem chamadas de um período de “vazio de descobertas”. Somente nos Estados Unidos, essa redução foi de 56% entre os períodos 1983-1987 e 1998-2002, segundo levantamento coordenado pelo médico Jack Edwards Jr, da Universidade da Califórnia em Los Angeles.

O mundo passou a prestar mais atenção ao assunto em 2014, quando a OMS publicou o primeiro relatório global de resistência antimicrobiana, mostrando que o problema já estava disseminado pelo planeta. Nas duas últimas décadas, mais de 50 iniciativas – públicas e privadas, nacionais e internacionais – foram criadas para incentivar o desenvolvimento de novos antibióticos contra bactérias resistentes.

Mas uma análise dos principais programas em andamento nos Estados Unidos, na União Europeia e no Reino Unido, coordenada por Elias Mossialos, especialista em políticas de saúde do Imperial College London, no Reino Unido, mostrou que falta coordenação entre as diferentes iniciativas e que os incentivos ainda estão concentrados nas fases iniciais de pesquisa, o que deve dificultar que novos medicamentos cheguem ao mercado. “Essas iniciativas representam um avanço, mas são insuficientes diante da dimensão do problema”, afirma Dessen.



Andrew Moyer (1899-1959), que descobriu como produzir penicilina em grande escala

Dezenove novos antibióticos e quatro combinações de alguns já existentes chegaram ao mercado de 2013 a 2022. Nenhum deles pertence a uma classe nova, capaz de combater as variedades de bactérias resistentes a medicamentos, segundo um artigo de revisão publicado em 2023 no *The Journal of Antibiotics* pela equipe de Mark Blaskovich, da Universidade de Queensland, na Austrália. Na década passada, no entanto, aumentou o número de compostos candidatos a antibióticos que se encontravam em alguma das três fases de testes em seres humanos antes da liberação para o uso clínico. Eram 40 em 2011 e 62 em 2022. A maior parte deles (82%) se encontrava nas fa-

ses 1 e 2 dos ensaios clínicos, nas quais parte dos compostos é eliminada por ser tóxica ou não produzir o efeito desejado.

Dos 62 atualmente em avaliação, 34 eram moléculas inovadoras – apenas para comparação, 159 compostos novos para tratar diferentes formas de câncer foram lançados no mundo desde 2012. “Houve um ganho de ímpeto, mas muitos dos compostos em fase 2 ou 3 de testes são adaptações de estruturas já conhecidas, o que aumenta o risco de os microrganismos se tornarem resistentes a eles”, afirma Dessen. ■

O projeto e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

1950

Entre o final da década anterior e o início desta, antibióticos começam a ser usados para tratar e prevenir infecções em animais

1997

União Europeia restringe o uso de antibióticos para estimular o crescimento de animais de criação

2015

OMS declara resistência aos antimicrobianos, uma emergência de saúde global

1987

Pesquisadores identificam em bactérias moléculas formadas por peptídios e lipídios com ação antibiótica. Foi a última classe nova de antibiótico descoberta

1961

Surgem variedades de *Staphylococcus aureus* contra as quais a meticilina e outras penicilinas já não têm mais efeito

1986

Aparecem espécies de *Enterococcus* resistentes à vancomicina e a grande parte dos antibióticos



VELOZES E PODEROSOS

O cientista sino-brasileiro é pioneiro em um campo de pesquisa voltado a tornar os computadores mais ágeis e com maior capacidade de processamento

Yuri Vasconcelos | RETRATO Léo Ramos Chaves

Há no campo da informática uma máxima, conhecida como Lei de Moore, que preconiza que a capacidade de processamento dos computadores dobraria a cada 18 meses, tornando-os aptos a fazer cálculos mais rapidamente. Ela foi enunciada em 1965 por Gordon Earl Moore, cofundador da Intel, uma das principais fabricantes globais de chip. Foi exatamente o fascínio pela velocidade computacional que influenciou o cientista da computação Siang Wun Song, pesquisador do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo (IME-USP), a escolher sua área de atuação, a computação paralela, no início dos anos 1970.

Computação paralela é o emprego simultâneo de vários processadores para realizarem conjuntamente determinada tarefa computacional com o objetivo de reduzir o seu tempo de execução. “Naquela época, a escolha por essa área podia parecer estranho, pois só havia cinco computadores paralelos no mundo”, recorda-se Song. Segundo ele, a busca por mais velocidade computacional fazia com que as máquinas paralelas fossem um caminho natural a ser seguido. Hoje, destaca o pesquisador, mesmo os celulares modernos contam com mais de um processador.

Nascido em Xangai, Song chegou ao Brasil quando tinha 15 anos. O pai, professor universitário, queria dar aos filhos uma formação superior de qualidade e escolheu o país a partir da sugestão de um de seus alunos. Ao desembarcar em São Paulo, falava inglês, mandarim, idioma oficial da China, e dois dialetos de seu país de origem.

“Era uma confusão de línguas, mas isso facilitou a mudança para o Brasil”, contou Song em entrevista a *Pesquisa FAPESP*. Casado há 50 anos com Ping Ping, uma analista de sistemas que largou a carreira para acompanhar o marido no doutorado em Pittsburgh, Estados Unidos. Ele tem três filhos, Alexandre, Alice e Arlene, e é avô de Julie, Nicole, Clara, Arthur e Olivia.

IDADE 80 anos

ESPECIALIDADE

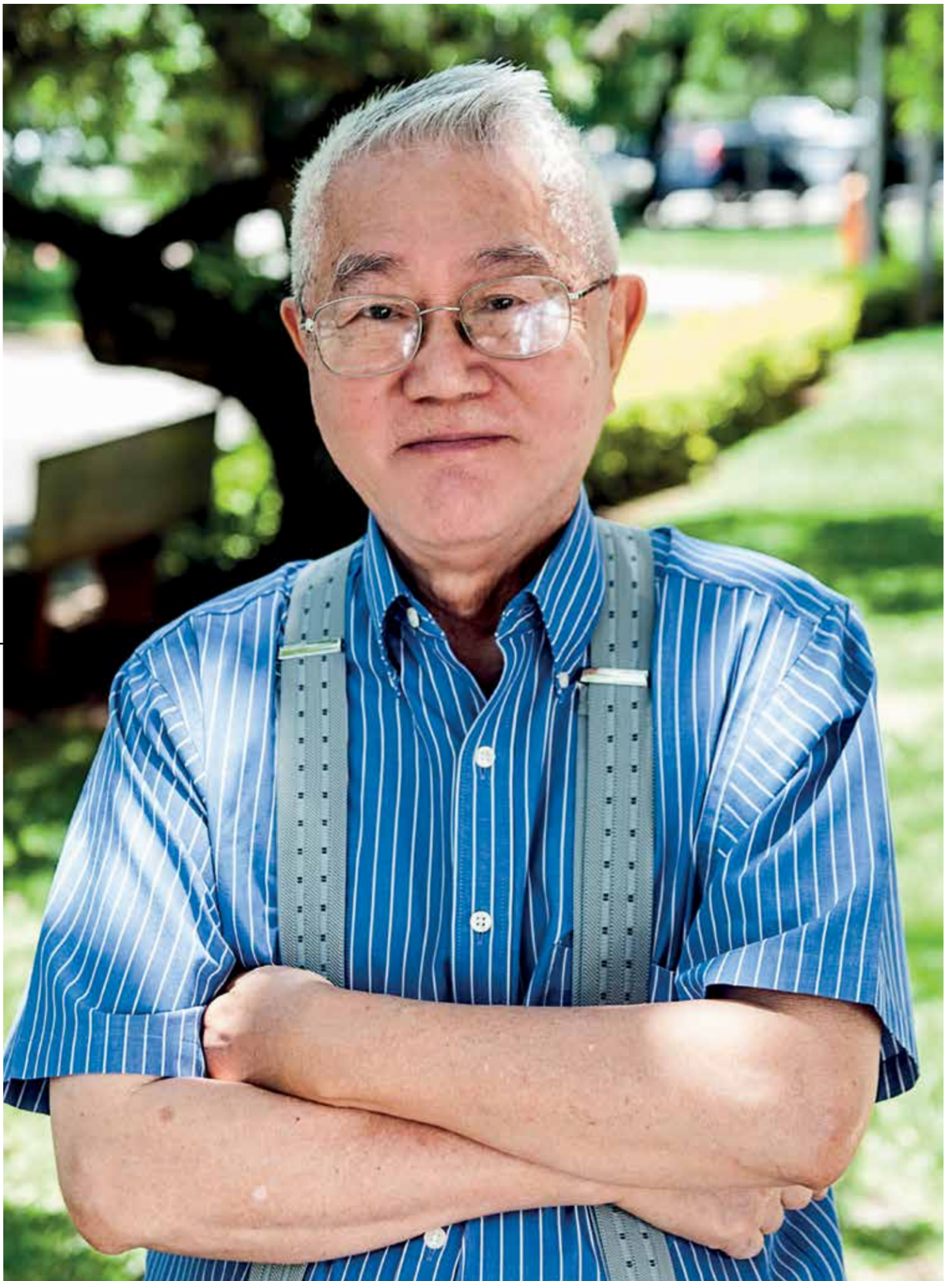
Ciência da computação

INSTITUIÇÃO

Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo (IME-USP)

FORMAÇÃO

Graduação em engenharia elétrica e mestrado em matemática aplicada na USP e doutorado em ciência da computação na Universidade Carnegie Mellon (EUA)



O que é a computação paralela?

É o uso de um grande número de processadores para realizar uma única tarefa computacional, visando diminuir o seu tempo de execução. Na segunda metade dos anos 1970, quando fiz doutorado nessa área, a computação paralela era praticamente desconhecida. Isso mudou. Até o telefone celular que usamos no nosso dia a dia é dotado de dois ou mais processadores. Com o passar do tempo, ela se tornou regra, não mais exceção. Ao longo de minha carreira, a maioria de meus projetos e publicações tratou de algoritmos paralelos. Um computador paralelo tem grande número de processadores. Para que eles resolvam determinado problema, é necessário um algoritmo paralelo que diga a cada processador o que ele deve fazer para, em conjunto, chegarem à solução do problema. Um algoritmo paralelo pode, por exemplo, dividir um problema em subproblemas, cada um dos quais pode ser resolvido por um processador.

Quais as vantagens da computação paralela?

Ela agiliza o tempo para resolver um problema computacional. Idealmente, um algoritmo paralelo usando n processadores pode resolver um problema em um tempo n vezes menor do que usando um único processador. Mas isso nem sempre é possível, pois nem todo problema pode ser paralelizado facilmente. Veja alguns exemplos. Se um trabalhador leva 10 dias para pintar uma parede comprida, então 10 trabalhadores podem pintar a mesma parede em apenas um dia. Essa é uma tarefa dita trivialmente paralelizável. Por outro lado, considere a escavação de um poço. Se um trabalhador leva 10 dias para cavá-lo, não ajuda se tivermos 10 trabalhadores. Essa tarefa não pode ser particionada. Considere agora o problema de cavar o túnel entre Inglaterra e França. Duas equipes, uma inglesa e outra francesa, cavam a partir de um país em direção ao outro até que se encontram em algum ponto no meio. Com isso diminui o tempo de construção pela metade. Dá para melhorar? Não sei. Moral da história: para usar bem a computação paralela a fim de resolver um problema, é preciso desenvolver um bom algoritmo paralelo.

O que o atraiu nessa área?

No início dos anos 1970, quando só havia

uns cinco computadores paralelos no mundo, essa escolha poderia parecer estranha. Com a crescente procura de velocidade, a computação paralela era um caminho natural por permitir o uso simultâneo de vários processadores. Se a tarefa é paralelizável, então pode-se conseguir um ganho muito bom. A dificuldade reside em descobrir como paralelizar as tarefas.

O senhor foi pioneiro no estudo da computação paralela no país?

Sim. Depois de fazer o doutorado nos Estados Unidos, retornei ao Brasil em 1981 e fui um dos primeiros pesquisadores a trazer ao país esse novo campo de conhecimento. Naquela época, a computação paralela era pouco conhecida por aqui. Criei no IME-USP, onde lecionei por mais de 50 anos, o Laboratório de Computação Paralela e Distribuída [LCPD]. Com auxílio da União Europeia, por meio do programa ITDC [Information Technologies in Developing Countries], foi possível a aquisição de uma máquina paralela, Parsytec PowerXplorer, a primeira do gênero instalada no IME. Lembro o preço dela: US\$ 212 mil em 1994, o equivalente a R\$ 2,1 milhões em valores de hoje. Essa máquina foi fundamental para a execução de diversos projetos de pes-

quisa e realização de inúmeros trabalhos de mestrado e doutorado.

Quando descobriu a sua vocação para a computação?

Desde criança, tinha curiosidade em construir coisas. Por isso, fiz o vestibular para a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo [Poli-USP]. Não pude fazer o concurso do ITA [Instituto Tecnológico de Aeronáutica], pois ainda não era naturalizado brasileiro. Para a minha surpresa, passei em segundo lugar. O primeiro colocado também foi aprovado no ITA e preferiu ir para lá. Acabei sendo o primeiro do vestibular de 1966 e recebi o Prêmio Michelangelo, dado por um empório cujo dono era Miguel Colassuono [prefeito de São Paulo de 1973 a 1975]. O prêmio era uma mesa de desenho ou um jogo de compassos da marca Kern – escolhi o segundo. Na Poli, cursávamos as mesmas disciplinas no primeiro biênio. A escolha da especialidade ocorria no segundo ou terceiro ano. Escolhi o curso de eletrônica, que tinha grande ênfase em matemática. Foi útil quando decidi mudar para ciência da computação.

Por que tomou essa decisão?

No meu segundo ano na Poli, cursei a disciplina de cálculo numérico, dada pelo professor Valdemar Setzer. Apreendi a programar em fortran [linguagem de computador da época] e criei programas para resolver problemas matemáticos usando cálculo numérico. Utilizei o primeiro computador da USP, um IBM 1620, usando cartões perfurados. Fiquei fascinado pela área. Convidado pelo professor Setzer, fiz estágio no Centro de Computação Eletrônica [CCE] da USP. Era o início da computação na universidade. O CCE, chamado originalmente de CCN, Centro de Cálculo Numérico, e o IBM 1620 foram responsáveis pela formação dos primeiros pesquisadores em computação no estado. Era um polo incubador de talentos. Ao terminar o curso na Poli, o professor Setzer me convidou para ser professor auxiliar no Departamento de Matemática Aplicada do IME. Isso foi em 1971. O contrato, sem concurso, precisava ser renovado periodicamente. Fiz o primeiro concurso para professor assistente em 1975, quando já era mestre. Para isso, precisei me naturalizar. Hoje a USP já admite estrangeiros como docentes.



Depois do doutorado nos EUA, fui um dos primeiros a trazer ao Brasil a pesquisa em computação paralela



O pesquisador em seu escritório no IME-USP em meados da década passada

O que o fascinou na computação?

Fiquei entusiasmado com a velocidade e a possibilidade de programar o computador para resolver os mais variados problemas. Para ter uma ideia da velocidade, repare no tempo que uma máquina precisa para multiplicar dois números. No IBM 1620, a multiplicação levava 4,96 milissegundos, ou seja, era possível fazer 200 multiplicações em 1 segundo. Hoje o supercomputador Frontier realiza $1,68 \times 10^{18}$ [168 seguido de 16 zeros] multiplicações por segundo. O fascínio pela velocidade influenciou a minha escolha pela computação paralela.

Quando começou a se dedicar a ela?

No doutorado. Comecei o mestrado em 1971 no IME-USP, no Programa de Matemática Aplicada, sob orientação do professor Setzer. Embora o tema de minha dissertação tenha sido ciência da computação, essa área ainda não era credenciada pelo MEC [Ministério da Educação]. Por isso, tive que satisfazer também as exigências do mestrado em Matemática Aplicada. Minha dissertação foi sobre a construção de um interpretador para Lisp, uma linguagem de programação muito usada em processamento simbólico, como linguagem natural, e em inteligência artificial. Em 1976 fui aceito para fazer o doutorado em ciência da computação na Universidade Carnegie Mellon, em Pittsburgh, uma das mais conceituadas na área no mundo. A seleção era rigorosa e a competição grande. Para impressionar a equipe de seleção, enviei minha

dissertação em Lisp, mesmo ela estando em português. Para minha surpresa, fui aceito e acabei sendo o primeiro brasileiro a cursar o doutorado no Departamento de Ciência da Computação da universidade. Uma bolsa da FAPESP pagou as anuidades escolares. No meu primeiro ano, escolhi a computação paralela e o professor Hsiang-Tsung Kung aceitou ser meu orientador. Ele era tão *workaholic* que tinha um saco de dormir no escritório. Às vezes, nem voltava para casa. Uma vez ele quis marcar uma reunião na véspera de Natal, que não foi realizada pela recusa de vários membros da equipe. Outra curiosidade daquela época: quando ainda não havia internet, já tínhamos na universidade uma das primeiras redes de computadores do mundo, a Arpanet. Usávamos e-mail e boletins de mensagens. Havia listas de discussão em que você podia colocar coisas à venda, como numa rede social. A máquina que vendia Coca-Cola estava conectada à Arpanet. Recebi um banho de tecnologia no doutorado.

O que fez ao voltar ao Brasil?

Retornei em agosto de 1981 e no ano seguinte assumi a chefia do Departamento de Matemática Aplicada do IME – naquele tempo não havia ainda o Departamento de Ciência da Computação, que só seria criado em 1987. O interessante é que no início dos anos 1980 já havia empresas nacionais que montavam microcomputadores. Em 1984, coordenei um projeto aprovado pela FAPESP para a compra de um microcomputador.

Com isso adquirimos o primeiro microcomputador no IME, um Nexus 1600, da Scopus, empresa criada por três colegas da Poli. Liguei para um deles e consegui um desconto. Com 704 kilobytes de memória, a máquina não tinha disco rígido, apenas dois discos flexíveis.

Como foi a implantação da primeira rede de internet da USP?

A primeira rede local do IME-USP, ligando estações de trabalho e microcomputadores 286, foi instalada em 1993, com apoio da FAPESP, em um projeto que coordenei. A tecnologia de então era cabo coaxial, com uma limitação de alcance de 180 metros. O cabo somente entrava numa sala onde havia um microcomputador instalado, dificultando a expansão. Os funcionários de serviços gerais do IME ajudaram na instalação. Em 2000, foi implantada a primeira rede sem fio do instituto, por meio de um aditivo concedido pela FAPESP dentro de um projeto temático, também sob minha coordenação. Foi uma das primeiras redes sem fio instaladas em universidades brasileiras, senão a primeira, com quatro pontos com *gateways* sem fio. O orçamento total foi de R\$ 23,5 mil, um bom dinheiro para aquela época.

Quais os aprendizados do período em que dirigiu o IME?

Minha gestão ocorreu entre 1998 e 2002. Foi uma experiência e um aprendizado muito valiosos. Diferentemente de fazer pesquisa, como diretor lidei com pessoas, centenas de professores e funcionários, além dos alunos. Pude conhecer mais de perto como o instituto funcionava. O IME é enxuto, uma das unidades com o menor número de funcionários em relação ao número de professores. Por isso algumas seções tinham poucos funcionários e quando um tirava férias às vezes só sobrava um ou dois para cobrir toda a seção. Foi uma vivência muito rica durante os quatro anos de mandato. Nesse período, enfrentei várias greves. Vale mencionar também uma ameaça de bomba, senão me engano durante uma semana de provas. Tivemos que evacuar os prédios e esperar lá fora enquanto o esquadrão antibombas vasculhava cada canto dos edifícios. Era um alarme falso.

O senhor estava no IME na passagem do milênio, quando havia o temor do

propalado Bug do Milênio, que poderia causar um caos nos sistemas de computação em todo o mundo. Que lembranças tem dessa época?

O processamento de dados corporativos de toda a USP, como folha de pagamento, sistemas de alunos e a parte financeira, era feito em um computador de grande porte em forma de *leasing*. No início dos anos 1990 iniciou-se um projeto de gradualmente migrar os processamentos para a chamada plataforma cliente-servidor, onde modernas estações de trabalho atuavam como servidores e computadores serviriam como clientes. Esse esforço monumental foi realizado por uma equipe de cerca de 50 analistas de sistemas do Departamento de Informática [DI]. O primeiro sistema que entrou em ação ganhou o nome de Fênix e serviu o processamento da pós-graduação. De 1995 a 1998 assumi a direção do DI. Durante o meu mandato criamos o sistema Júpiter para o processamento de dados dos alunos de graduação. Outros sistemas – Marte para recursos humanos e Mercúrio para a área financeira – continuaram a ser desenvolvidos e foram concluídos posteriormente. Essa migração para uma plataforma moderna, executada por uma equipe competente, foi o motivo de não ter havido problemas com o tão temido Bug do Milênio.

Quais os projetos mais importantes de que participou no IME?

Além do projeto submetido à União Europeia que permitiu a compra do primeiro computador paralelo da USP, conduzi um conjunto de projetos submetidos à FAPESP e ao CNPq [Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico] para a infraestrutura de informática do instituto. Além de viabilizar a instalação de redes de computadores, com fio e sem fio, foi possível equipar o Laboratório de Informática de inúmeras estações de trabalho [servidores] e microcomputadores. Foi relevante também um projeto no âmbito de um edital da Finep [Financiadora de Estudos e Projetos] que possibilitou a construção de um prédio para sediar o Centro de Competência em Software Livre [CCSL] e laboratórios de pesquisa.

O senhor participa do projeto “INCT da Internet do futuro”. O que exatamente faz?

Atuo em um subprojeto [“Parallel algorithms and heuristics for smart cities problems”] do programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia voltado à criação de algoritmos para solucionar problemas de cidades inteligentes envolvendo a teoria dos grafos [ramo da matemática que estuda as relações entre objetos de um determinado conjunto, associando-os por meio de estruturas chamadas grafos]. Um importante resultado obtido é o desenvolvimento de um algoritmo paralelo para o problema de árvore geradora mínima. Um grafo consiste em um conjunto de vértices e de arestas. Uma aresta pode ligar dois vértices; e pode haver pesos nas arestas. Muitos problemas podem ser modelados por grafos. Por exemplo, um vértice pode representar uma cidade e uma aresta pode representar uma estrada que liga duas cidades. Uma árvore geradora mínima é um subconjunto de um grafo dado, que continua conectado, com uma soma mínima das arestas. Publicado em uma conferência do IEEE [Institute of Electrical and Electronics Engineers], nos Estados Unidos, recebeu o prêmio de melhor artigo do evento.

Apesar do envolvimento com pesquisa e cargos de chefia, o senhor nunca deixou de lecionar.



Fascinou-me a velocidade da computação e a possibilidade de programar o computador para resolver problemas variados

Sempre gostei de dar aula. Para mim, é uma satisfação ver o aluno ou a aluna aprender algo novo. Hoje sou professor sênior no IME e mesmo aposentado continuo a dar aulas no bacharelado em ciência da computação. Mas não oriento mais na pós-graduação. Minha relação com os estudantes sempre foi muito boa. Em 2023, completei 53 anos como docente do IME. Devo ter dado aulas para cerca de 115 turmas com um total aproximado de 4,5 mil alunos. Uma curiosidade: no início dos anos 1970 dei aula para dois jovens que depois se casaram. Orientei o mestrado do rapaz. Anos depois dei aula para uma filha deles. Cada ano que passa, fico mais velho, mas meus alunos continuam com a mesma idade.

Que trabalhos destacaria de sua produção acadêmica?

Eu citaria dois. O primeiro [“An efficient parallel garbage collection system and its correctness”] foi publicado em 1977 no Proceedings of the 18th IEEE Annual Symposium on Foundations of Computer Science, numa época em que poucos brasileiros tinham trabalhos aceitos por esse prestigioso evento. O tema dele, coleta de lixo concorrente, despertou enorme interesse. A coleta de lixo é um método computacional para reciclar memórias alocadas, mas não mais usadas. O processador teria que parar a execução de um programa quando faz a coleta de lixo. A coleta de lixo concorrente usa um processador adicional enquanto o outro continua executando o programa em paralelo. Até hoje há publicações a respeito.

Como vê a evolução tecnológica sofrida pela computação?

Tenho acompanhado com atenção a tecnologia para a construção de computadores nos últimos 50 anos. Os primeiros usavam válvulas e ocupavam um andar inteiro. Depois veio a geração de transistores. O IBM 1620 que usei na USP foi um dos primeiros computadores daquela geração. Os componentes eletrônicos, como transistores, resistores e capacitores, eram discretos, mas ocupavam certo espaço. Na geração de circuitos integrados, baseados em silício, os componentes eletrônicos podiam ser integrados em uma minúscula pastilha. É a chamada técnica da microeletrônica, na qual o transistor MOS é o tijolo, elemento básico para a construção do

processador e da memória. A partir do transistor, constrói-se a chave liga-desliga, o resistor, o capacitor e as portas lógicas. Em 1978, os primeiros transistores NMOS, uma evolução dos MOS, tinham dimensão de cerca de 25 micrômetros. Os primeiros circuitos integrados ou pastilhas continham alguns milhares de transistores. Acontece que o transistor vem diminuindo de tamanho a cada ano e o número de transistores que cabem numa pastilha vem dobrando a cada 18 a 24 meses – a conhecida Lei de Moore. Hoje um transistor tem apenas 7 nanômetros. Para termos uma noção do que significa essa miniaturização, vamos considerar que a pastilha possa conter uma região geográfica. Se em 1978 ela continha uma região equivalente à Grande São Paulo, hoje já pode conter todo o planeta. Essa analogia explica o avanço fantástico que estamos vivenciando. Estima-se que em alguns anos chegaremos a um transistor de 5 ou até 3 nanômetros. Mas a era do transistor de silício está no seu final – e a Lei de Moore vai deixar de valer. Novas tecnologias estão para aparecer. Uma forte aposta é a computação quântica. Mas, antes dela, vários materiais são candidatos a substituir o silício, como o grafeno, o arseneto de boro cúbico, entre outros.

Que avaliação faz do ensino e da pesquisa em computação no país?

O desenvolvimento da área de computação está intimamente ligado à pós-graduação em ciência da computação. Nas últimas cinco décadas, o número desses cursos de pós-graduação vem crescendo de ano para ano no país. Hoje temos 85 programas de pós-graduação com um total de 123 cursos, sendo 68 de mestrado acadêmico, 41 de doutorado e 14 de mestrado profissional. Em 2005, apenas dois programas em ciência da computação receberam conceitos 6 ou 7, o que os classificava como de nível internacional. Na avaliação do triênio 2019-2022, esse número pulou para 10, dos quais 7 receberam conceito 7, o máximo. Programas com conceitos 6 e 7 recebem recursos extras para as suas atividades, o que é algo positivo, mas ainda há muitos programas com conceitos 3 e 4, alguns com grande dificuldade de aperfeiçoamento. Creio que esses programas poderiam receber algum incentivo em recursos para melhorar seu desempenho.



Sempre gostei de lecionar. Em 2023, completei 53 anos como docente da USP. Devo ter dado aulas para cerca de 4.500 alunos

O senhor é chinês. Como sua família veio para o Brasil?

Nasci em Xangai durante a Segunda Guerra Mundial. Quando tinha 6 anos, minha família se mudou para Hong Kong. Lá fiz o curso primário e o ensino médio. Em Hong Kong fala-se o dialeto cantonês. Como eu só falava xangainês, comecei os estudos numa escola onde as aulas eram dadas em mandarim, idioma oficial na China, que é mais parecido com o xangainês. Depois mudei para um colégio com aulas em cantonês e, nos meus últimos quatro anos de estudo, frequentei uma escola muito prestigiosa, Wah Yan College, de jesuítas irlandeses, onde as aulas eram dadas em inglês. Era uma confusão de dialetos e línguas diferentes que muito me marcou. Quando criança, eu já falava dois dialetos – xangainês e cantonês –, além do mandarim e do inglês. Isso facilitou minha adaptação quando mudamos para o Brasil.

E a vinda para cá?

Vimos para o Brasil em 1959, quando eu tinha 15 anos. Meus pais queriam oferecer melhores oportunidades para

seus filhos em termos de educação superior. Em Hong Kong havia poucas universidades, todas pagas e caras. Meu pai era professor na Faculdade de Direito da Université l'Aurore, em Xangai, administrada por jesuítas franceses, onde havia se graduado, e tinha alunos formados trabalhando no exterior. Quando ele decidiu emigrar, consultou vários ex-alunos para decidir qual seria o nosso destino. Dois deles – um que trabalhava em Luxemburgo e outro em Saigon, no Vietnã – contataram meu pai sobre possíveis trabalhos nesses dois países. Durante essa negociação, o ex-aluno do Vietnã arrumou um novo emprego em São Paulo. E convidou o meu pai. Assim, viemos todos para cá. O primeiro emprego de meu pai foi numa empresa francesa, chamada Mecânica Pesada, em Taubaté. Assim, pudemos imigrar para o Brasil como residentes permanentes.

Como foi chegar em um país tão diferente?

Tive que me adaptar. Precisei fazer um ano como ouvinte no Colégio Nossa Senhora do Carmo para aprender português e me preparar para os chamados exames de adaptação, que incluem história do Brasil, português e todas as disciplinas que não constaram no meu currículo escolar feito em Hong Kong. O meu conhecimento em inglês foi fundamental para aprender português. Passei nos exames de adaptação e me matriculei no 3º ano do curso ginásial. Fiz o colegial em uma escola pública, o Colégio Estadual de São Paulo, no Parque Dom Pedro.

Voltou à China?

Desde que cheguei ao Brasil, fui somente três vezes à China, todas para apresentação de trabalhos científicos em conferências. A primeira foi em 2000. Em todas as viagens incluí uma estada em Xangai, onde inclusive fui ver o prédio onde passei a minha infância. Devo muito do que sou e ao que consegui fazer à generosidade deste país que é o Brasil, que me acolheu e onde pude fazer colégio e universidade públicos, gratuitos e de qualidade. E onde há agências de fomento, como a FAPESP, o CNPq e a Capes [Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior], que viabilizaram o avanço da minha carreira. ■



DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

TIKTOKERS DA CIÊNCIA

Alexandre Barbosa,
o Afrofísico: jovem professor
da Universidade Federal
da Bahia tem mais de 100 mil
seguidores no TikTok



Entre interpretações, desenhos e memes, estudantes e jovens pesquisadores gravam vídeos curtos no celular sobre temas da ciência e têm na atividade um complemento de renda

Sarah Schmidt

“P

eraí, isso é um espelho convexo? A imagem dele é virtual, menor e direita, né?”, indaga o físico Alexandre Rodrigues Barbosa, de 31 anos, em um vídeo em que interpreta uma pessoa que estudou conceitos de física para fazer o Exame

Nacional do Ensino Médio (Enem) e os percebe nos detalhes do dia a dia. Vestido de bermuda e regata, ele caminha por cenários que vão mudando, graças a um fundo de tela verde (*chroma key*), recurso corriqueiro usado por criadores de vídeos do TikTok que permite projetar lugares ou objetos como cenários, enquanto o narrador aparece em primeiro plano. Barbosa usa o artifício para exibir a imagem de um arco-íris e explicar o fenômeno, entre outros exemplos que couberam no vídeo de pouco mais de 1 minuto que acumula 32,5 mil visualizações.

Barbosa concluiu em junho o doutorado na Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia (UFBA) com uma pesquisa sobre criação de conteúdo científico on-line e em seguida se tornou docente da instituição. Nas redes sociais, ele é o Afrofísico, perfil que criou durante a pandemia de Covid-19, em 2021, depois de tentar emplacar vídeos no YouTube que não tiveram muitas visualizações. “Eu ainda não estava dando aulas e queria falar de conceitos de física de maneira leve e divertida”, conta ele, que acumula 107,9 mil seguidores no TikTok e 35,9 mil no Instagram.

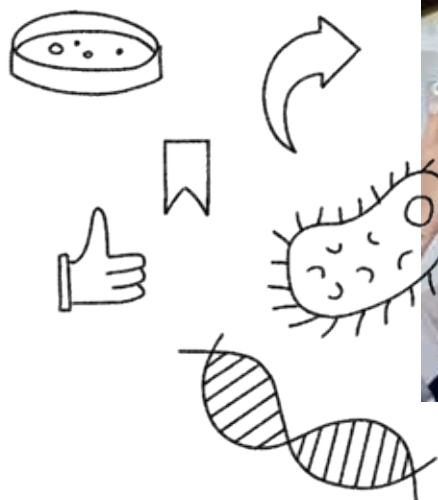
O físico faz parte de um time de estudantes, pós-graduandos e jovens professores que, desde a pandemia, incluíram em suas rotinas o hábito de se postarem à frente de celulares para gravar vídeos (em média, de 1 minuto e meio) sobre as mais diversas áreas da ciência, além de curiosidades sobre o mundo acadêmico, para um público amplo e igualmente jovem. Por conta própria, criam quadros, escrevem roteiros, interpretam personagens, editam vídeos no celular e os publicam para milhares de seguidores nas plataformas de vídeos curtos. Como reúnem uma comunidade virtual em torno de si, são convidados para ministrar palestras em universidades e recebem propostas de empresas para fazer “publis”, conteúdos pagos que ajudam a complementar a renda.

De acordo com dados de 2022 da empresa Insider Intelligence, as redes que mais cresceram em números de usuários na América Latina foram o TikTok (11,8%) e o Instagram (3,2%). No Brasil, o Instagram contava com 113,5 milhões de usuários e o TikTok tinha cerca de 82 milhões no início de 2023, segundo dados compilados pelo site DataReportal, que reúne informações de materiais publicitários das empresas de tecnologia. Boa parte dos divulgadores de vídeos curtos sobre ciência iniciou suas atividades na pandemia, motivados pela vontade de combater a desinformação e pela possibilidade de usar o tempo livre em casa para divulgar ciência. “Na pandemia, mais pessoas passaram a falar sobre ciência nas redes sociais. Como o TikTok se po-

Carlos Stênio: séries de vídeos que associam biologia e cultura pop, tema de seu mestrado na Unicamp



A bióloga Eduarda Melo, a "biologueirinha", e o casal de historiadores Julia e Jerson analisando o filme *Napoleão*



pularizou nesse período, muitos divulgadores científicos passaram a usar essa rede e o Instagram, que também criou um formato de vídeos curtos, o Reels”, observa Barbosa.

Foi também o caso do biólogo Carlos Stênio, de 28 anos, que faz mestrado em ensino e história de ciências da Terra, no Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Em 2020, ele começou a postar vídeos curtos no Instagram sobre cultura pop e biologia, que mais tarde se tornariam o tema de sua pesquisa na pós-graduação, mas ainda de maneira esporádica. Na época, Stênio estava na graduação e tinha acabado de perder um emprego de vendedor de tintas industriais. “Recebi um contato do TikTok me incentivando para que, assim como outros colegas da área, eu participasse das campanhas produzindo vídeos educativos e de ciência por lá”, conta. Segundo ele, a plataforma pagava um valor de acordo com o número de vídeos postados. “Em uma campanha ganhei o equivalente a seis meses de trabalho – antes, como vendedor, eu recebia um salário mínimo”, lembra.

Desde então, decidiu se dedicar à produção de conteúdo para as redes sociais. Procurada por *Pesquisa FAPESP*, a rede TikTok não declarou quais ações promove para incentivar esse tipo de conteúdo. Outros entrevistados para esta reportagem confirmaram ter sido convidados para palestras, workshops e a participar de campanhas da plataforma. Em um de seus vídeos, que acumula 5,9 milhões de visualizações e mais de 4 mil comentários no TikTok, Stênio mostra duas lagartas, uma verde e outra laranja, ambas com manchas pelo corpo que parecem olhos, da espécie *spicebush swallowtail* (*Papilio troilus*), também

chamadas de tigre oriental. E conta que foram elas que serviram de inspiração para o Caterpie, personagem do universo Pokémon. Outras produções da cultura pop como *Bob Esponja*, *A era do gelo* e *Homem Aranha* também aparecem nos vídeos para ilustrar o que há de biologia da vida real por trás dos personagens.

Ele mantém uma frequência alta de postagens para os seus 232,7 mil seguidores no TikTok e 100 mil no Instagram: sete vídeos por semana, um por dia – a mesma produção vai para as duas plataformas. Escreve os roteiros durante a semana e grava tudo de uma vez aos domingos. Faz a edição no celular, a não ser que seja um post de publicidade, pelo qual será pago. Nesse caso, contrata um editor freelancer para finalizar o conteúdo. “Já fui procurado para divulgar desenhos animados para a HBO, Disney e Netflix”, conta.

Assim como Barbosa, que já recusou publicidade por não se sentir à vontade para recomendar certos produtos, Stênio só aceita ofertas que tenham alguma relação com seu trabalho de divulgador. Segundo o biólogo, a renda obtida com a visibilidade nas redes sociais – proveniente da monetização dos vídeos, da coluna que mantém no site Vida de Bicho, da editora Globo, e da venda de livros e e-books que escreveu nesse período – corresponde hoje à metade de seus ganhos mensais. “Pretendo ser professor universitário e pesquisador, mas quero continuar com o trabalho de divulgação”, conta.

A bióloga Eduarda Melo, de 26 anos, conta que tem no trabalho nas redes sociais sua principal fonte de renda. Ela aprendeu a gostar de educação não formal e de audiovisual em atividades de criação de vídeos durante a graduação na Universidade

Para formar novos divulgadores da ciência

Vêm surgindo iniciativas para estimular a produção de vídeos curtos de qualidade, entre outras atividades de divulgação científica. A chamada Comunicar Ciência, lançada pela FAPESP em parceria com o Canal Futura, da Fundação Roberto Marinho, oferecerá bolsas de jornalismo científico com duração de seis meses a estudantes de graduação vinculados a instituições do estado de São Paulo, para fazer divulgação científica de projetos apoiados pela FAPESP. As submissões podem ser feitas até 22 de janeiro de 2024. Os alunos escolherão um desses quatro formatos para suas produções: podcast, videoreportagem, reportagem escrita ou produção de vídeos de 2 a 5 minutos, para as redes sociais. “A ideia é treinar os alunos em novos formatos, como o das redes sociais que estão mais em voga, a exemplo do TikTok e do Instagram, com vídeos curtos que atinjam o público jovem”, explica Patricia Tambourgi, gestora da chamada Comunicar Ciência e do Programa de Jornalismo Científico da FAPESP. Os bolsistas terão acesso a um curso on-line de técnicas de produção multimídia, oferecido pelo Canal Futura.

Federal Fluminense (UFF), em Niterói (RJ). Seu primeiro vídeo, sobre a proximidade evolutiva entre ursos e focas, foi publicado no final de 2022, no TikTok, Instagram e shorts – espécie de Reels – do YouTube. Ela soma atualmente 334 mil, 104 mil e 370 mil seguidores em cada uma dessas redes, respectivamente, onde é a “Biologueirinha”.

Na época, Melo trabalhava como educadora ambiental em uma empresa, mas não estava satisfeita. “Eu não era registrada como bióloga, recebia um salário mínimo e não via perspectivas de crescer”, recorda-se. Em abril, pediu demissão. No tempo livre, voltou a gravar vídeos. “Meu terceiro vídeo atingiu 2 milhões de visualizações em dois dias no TikTok. Já no mês seguinte à saída do meu emprego anterior, ganhei mais que o dobro do que era o meu salário”, diz, referindo-se ao valor que a plataforma pagou pelo volume de visualizações. Hoje, ela dedica todo o seu tempo para criar conteúdo e seu faturamento é composto pela monetização dos vídeos no Youtube, além das publicidades que faz para empresas.

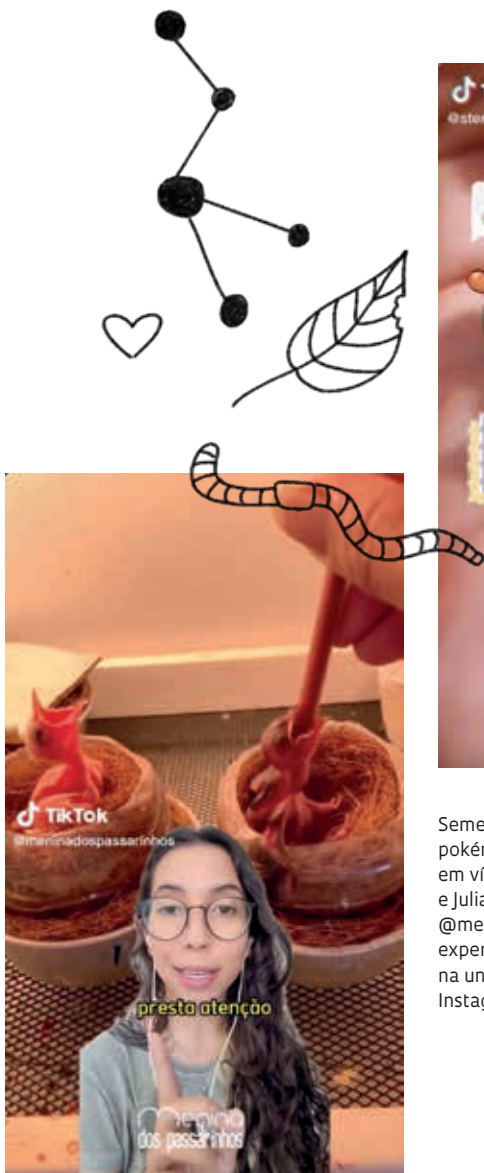
Em suas criações, ela conta curiosidades do mundo animal, tema mais pedido pelos seguidores, em meio a fotos, vídeos dos bichos e palavras que aparecem no meio da tela, além dos memes, como a canção “Careless whisper”, do cantor britânico George Michael (1963-2016), tocada todas as vezes em que ela fala sobre reprodução, uma brincadeira entre os usuários da rede para assuntos ligados a romance e sedução. Melo leva

até seis horas para pesquisar e escrever o roteiro de vídeos que têm até 3 minutos, faz as edições de todos eles e procura postar ao menos três por semana. Ela diz que gostaria de ampliar essa frequência, mas não consegue devido à complexidade do processo de produzir os roteiros. Seu público principal tem entre 18 e 26 anos.

O apelo que os bichos exercem sobre a audiência nas redes sociais também ajuda a explicar o sucesso dos vídeos da bióloga Juliana Moraes, de 26 anos, que faz doutorado no Programa de Ecologia da UFBA, em Salvador. Neles, as aves são as estrelas. Durante a graduação e o mestrado na mesma instituição, ela estudou o comportamento de corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*). Moraes gostou de conversar com o público durante um estágio como educadora ambiental e começou a investir nos vídeos. Em 2020, participou de um concurso de divulgação científica promovido pela universidade em que precisava explicar seu projeto de conclusão de curso em um vídeo de até 3 minutos. “Gravei e postei no TikTok, onde era mais fácil para editar”, conta ela, que foi vencedora na categoria iniciação científica. “Depois disso, perdi a vergonha e não parei mais”, conta a pesquisadora, que tem 53,5 mil seguidores no TikTok e 79,9 mil no Instagram – em ambos, apresenta-se como @meninadospassarinhos. “Essas atividades de divulgação valeram pontos no processo de seleção do meu doutorado”, comemora.

A bióloga percebe que os públicos são diferentes de acordo com a plataforma: no TikTok, há mais adolescentes, com idade entre 16 e 23 anos; já no Instagram, o público principal está entre 25 e 30 anos. Eles acompanham os bastidores de seus trabalhos de campo e as dicas de como ingressar no mestrado, além dos vídeos em que ela comenta outras gravações que viralizaram na plataforma, mostrando situações ou comportamentos peculiares das aves. Em um deles, que tem 1,2 milhão de visualizações na rede chinesa, ela mostra como são os pássaros reais que aparecem em uma animação da Disney. Em média, leva 50 minutos para editar cada vídeo de pouco mais de um minuto.

Em outro vídeo, feito a pedido dos seguidores, ela comenta uma gravação em que uma pessoa pega e acaricia uma coruja-buraqueira para colocá-la próxima ao seu ninho, e explica que, por se tratar de um animal silvestre, a conduta não está correta – além disso, o animal estava visivelmente assustado e estressado. Uma de suas prioridades é atender aos pedidos dos seguidores. “Não adianta eu querer fazer conteúdo com coisas que apenas eu ache interessante”, diz ela, que faz publicidades esporádicas – como para uma marca de camisetas para observadores de pássaros – e que já sofreu com os *haters*, que destilam ódio



Semelhança entre o pokémon Caterpie e lagartas em vídeo de Carlos Stênio, e Juliana Moraes, a @meninadospassarinhos: experiência com vídeos na universidade levou-a ao Instagram e TikTok



em comentários pela internet. “Os mais marcantes foram ataques xenófobos, que reclamavam do meu sotaque de Salvador. Hoje faço ainda mais questão de enfatizá-lo. Tenho orgulho de ser mulher, nordestina, cientista e divulgadora.”

HISTÓRIA E SAÚDE PÚBLICA

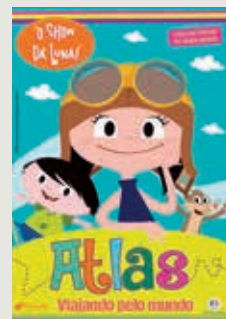
A possibilidade de compartilhar pesquisas de interesse do grande público, por terem conexão com seu dia a dia, motivou o casal de historiadores Jerson de Oliveira Fernandes Filho, de 26 anos, que cursa mestrado em história na UFF, e Júlia Costa da Silva Pedroso, de 25 anos, graduada na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, a criar o canal Gole de História nas redes sociais, em 2021. Além do trabalho nas plataformas digitais, os dois também dão aulas particulares. Começaram com um vídeo de meia hora explicando curiosidades históricas do jogo de videogame Assassin's Creed: Piratas, franquia conhecida por adaptações bem fundamentadas. “Não deu muito certo, tivemos poucas visualizações e sentimos que, naquele período, a internet caminhava para outro lugar: os vídeos de poucos segundos ou minutos”, conta Fernandes Filho. Um amigo, então, sugeriu que testassem o TikTok.

Hoje somam 67,7 mil seguidores na plataforma e 13,5 mil no Instagram. Levou um tempo para entenderem quais tipos de vídeos iam bem nas redes. Eles procuram fazer produções dinâmicas, com imagens de documentos e curiosidades sobre filmes, museus e músicas que permitam abordar o contexto histórico. “É preciso sair do castelhino e colocar o chapéu de historiador público. Afinal, qual artigo acadêmico tem 100, 200 mil visualizações, números que chegamos a alcançar

Dos desenhos para os livros didáticos

Animação de divulgação científica para a primeira infância, *O show da Luna*, que em 2024 completará 10 anos no ar, vai estrear nos materiais paradidáticos, em livros para a educação infantil (4 e 5 anos) e ensino fundamental (1º e 2º ano). “A ideia é que o material auxilie os professores no letramento científico dos alunos com um conteúdo lúdico e divertido”, explica Kiko Mistrorigo, criador e diretor da animação ao lado de Célia Catunda. “Quando criamos a série, os protagonistas de desenhos de ciência eram sempre meninos e as meninas tinham um papel secundário. Por isso, colocamos a Luna como a personagem principal do desenho”, complementa.

Assuntos como a vida dos dinossauros, o ciclo da água ou por que as cores se misturam são alguns temas de perguntas que a personagem de 6 anos faz nos episódios. “Os livros seguem a mesma linha de trazer perguntas instigantes para as crianças”, diz Mistrorigo. Segundo ele, a previsão é de que os livros comecem a chegar a algumas escolas municipais do estado de São Paulo, que adquiriram o material, no começo do ano. O desenho também tem canais no YouTube, TikTok, Facebook e Instagram e é transmitido no canal a cabo Discovery Kids, na TV Cultura e na TV Brasil.



Kiko Mistrorigo (à dir.) e os livros educativos com a personagem

em alguns vídeos?”, pergunta o historiador. “Já recebemos fotos de três seguidores que estavam em trotes de faculdade, dizendo que conhecer o nosso trabalho ajudou na decisão de cursar história”, conta Pedroso.

O casal já fez publicidade para instituições e marcas – segundo Fernandes Filho, esses trabalhos, associados à monetização dos vídeos, chegaram a ser a principal fonte do orçamento doméstico por alguns meses. Os dois também contam que a empresa de educação onde dão aulas particulares considerou as atividades como divulgadores científicos nas redes sociais como um diferencial no processo seletivo. “É uma terceira via que se abre na nossa carreira, além da pesquisa e da sala de aula”, avalia a historiadora.

Fernandes Filho defende a importância do trabalho dos divulgadores. “Os jovens estudantes cada vez mais usam as redes sociais para fazer pesquisas escolares ou buscar conhecimento complementar às aulas. Então é melhor que pessoas que estão fazendo um trabalho sério ocupem esses espaços”, afirma, ressaltando que, do contrário, os algoritmos das plataformas podem levar os usuários a conteúdos de divulgadores mal preparados e até propagadores de desinformação. Barbosa, da UFBA, também se preocupa com vieses dos algoritmos. Em sua tese de doutorado, ele refletiu sobre os dilemas que o divulgador enfrenta ao ficar refém da audiência das plataformas. “A ciência nas redes sociais é influenciada pela dinâmica dos algoritmos. O conteúdo precisa chamar a atenção e ter

elementos de entretenimento para que a ciência se difunda. É preciso cuidado para não desviar do foco e produzir vídeos de qualidade”, diz.

O combate à desinformação permeia o trabalho da biomédica e neurocientista Mellanie Fontes-Dutra, de 31 anos, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), em São Leopoldo (RS). Desde 2021, ela segue uma rotina de sentar-se diante de seu celular e gravar, dia sim, dia não, vídeos de saúde pública e combate à desinformação. Em um deles, feito no início de novembro de 2023, ela avisa, logo no início: “Não, pessoal, o governo do Canadá não disse que as pessoas vacinadas estão contraindo Aids”. Palavras de destaque, trechos de notícias e gráficos dançam na tela para deixar a peça mais dinâmica. Tudo é editado por ela.

Dutra desmentiu uma desinformação que estava circulando nas redes sociais de que pessoas que se vacinaram contra a Covid-19 estariam contraindo o HIV. Na gravação, ela explica a confusão e os modos reais de infecção. “Desinformação em saúde pode matar. Combatê-la passou a ser uma necessidade na pandemia. Mas elas ainda continuam circulando”, diz ela, que equilibra a criação dos vídeos com as aulas que ministra na Unisinos e o estágio de pós-doutorado em virologia na Universidade Feevale. Apesar de já se dedicar a atividades de popularização da ciência desde 2015 – ela coordena o evento de divulgação científica Pint of Science da capital gaúcha – e compartilhar análises e explicações em seu perfil no X, antigo Twitter, em 2021 Dutra viu a necessidade de ir para as redes que congregam um público mais jovem, em que os vídeos curtos são o principal atrativo.

Em outubro de 2023, suas postagens alcançaram 160 mil contas no Instagram, no qual tinha 27,9 mil seguidores; no TikTok são 1.380, e os vídeos alcançaram 7 mil visualizações. Em seu conteúdo, ela esclarece comunicados e notícias de instituições de saúde que geram dúvidas e podem ser um prato cheio para os conteúdos equivocados. Também faz posts em colaboração com outros colegas e integra o coletivo Todos pelas Vacinas, que fez uma série de campanhas ao longo da pandemia e continua reunindo divulgadores para reforçar a importância da vacinação. Ela chegou a fazer publicidade para uma empresa de análise de ancestralidade por meio do DNA e outra de aluguéis de casas, mas são atividades espaçadas. “Nosso trabalho muitas vezes é voluntário e precisa ser profissionalizado. É importante que existam iniciativas e editais que ajudem a valorizá-lo”, defende a neurocientista. A audiência que influenciadores como ela têm alcançado sugere que os vídeos curtos podem ser mais uma ferramenta para aproximar a sociedade de assuntos científicos. ■



Análise do IBGE indica que registros de ocorrência de espécies da fauna e da flora no território brasileiro são distribuídos de modo desigual

Fabrcio Marques

QUEBRA-CABEÇAS INCOMPLETO

Aracangas (*Ara Macao*), em Mato Grosso: com população declinante, as aves são vistas da Argentina ao México

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) analisou mais de 22,5 milhões de registros da ocorrência de espécies da biodiversidade brasileira coletados ao longo de séculos e concluiu que o conhecimento sobre nove grandes grupos taxonômicos no território nacional é bastante desigual, o que pode gerar vieses em pesquisas baseadas nessas informações e prejudicar ações de conservação. A avaliação foi publicada pela instituição em novembro e mostra que estados como São Paulo e Rio de Janeiro, e o Distrito Federal, provavelmente por concentrarem muitas universidades, coleções científicas e museus, são as unidades da federação com maior número de registros de an-

fíbios, artrópodes, aves, fungos, mamíferos, moluscos, peixes, plantas e répteis – os grupos selecionados no estudo. Já os estados do Nordeste dispõem de dados mais esparsos, enquanto os do Norte exibem desertos de conhecimento em várias porções de seu território.

Também há um contraste gritante entre registros de espécies que habitam o mar e os ambientes terrestres. Em terra firme, cerca de 6% das células (divisões do território do país em quadrados com 50 x 50 quilômetros) não têm nenhuma ocorrência de espécies, enquanto no mar há um vazio de informações em 81% das células. A avaliação do IBGE atribui



Orquídea *Epidendrum puniceoluteum*, registrada no Parque Nacional do Superagui, em Guaraqueçaba (PR)

a diferença à dificuldade de acesso e aos custos operacionais das pesquisas marinhas. As aves têm a maior quantidade de registros (cerca de 11 milhões), seguidas pelas plantas (7,7 milhões), enquanto moluscos (255 mil), fungos (252 mil) e mamíferos (perto de 190 mil) são os grupos menos conhecidos. Outra característica tem a ver com a robustez dos dados. Com exceção das aves, menos de 30% dos registros oferecem informações completas, como a identificação precisa da espécie e as coordenadas de localização.

A análise usou dados do Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBR), plataforma criada em 2014 pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Os registros são obtidos de várias maneiras. A principal é por meio de coleções biológicas organizadas por instituições científicas e museus, responsáveis por ao menos 80% dos registros de anfíbios, artrópodes, fungos, plantas e répteis. Como apenas uma parte das coleções foi digitalizada, as informações do SiBBR não representam a totalidade dos registros. Outra fonte é a ciência cidadã, que envolve a participação de pessoas leigas ou sem formação científica na coleta de dados de campo (ver Pesquisa FAPESP nº 323). O grupo das aves foi o que mais se beneficiou de informações captadas por amadores. Dos quase 10,8 milhões de registros, 94% foram obtidos graças à observação feita por apreciadores da natureza. Há, ainda, registros provenientes de estudos científicos e outros que não se enquadram em nenhuma das três categorias.

O estudo fornece um indicador-síntese, que é o índice de conhecimento da biodiversidade, baseado na quantidade de registros acumulados dos nove grupos taxonômicos e no quanto esses



Onça-pintada (*Panthera onca*), no Pantanal (MT), e o sapo *Phyllodytes edelmoi* (abaixo), em Murici (AL)

dados são recentes. Em uma escala que vai de 0 (menos conhecimento) a 18,77 (maior conhecimento), a maior parte do território nacional não passa de 0,93. Em vastas regiões do mar territorial brasileiro e em pontos da floresta amazônica no Pará e no Amazonas, a situação é crítica – são regiões invisíveis para a ciência e a conservação porque não há registros publicados de sua fauna e flora no SiBBR. Já porções litorâneas de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo têm índice de conhecimento elevado, acima de 8,65. Os grupos em que há mais hiatos de informação são fungos e moluscos.

Conhecido por produzir o Censo demográfico a cada 10 anos e gerar indicadores de referência sobre atividades sociais e econômicas, o instituto também se dedica a estudos sobre biodiversidade, além de gerenciar uma área protegida, a Reserva Ecológica do IBGE, voltada para a pesquisa sobre o bioma Cerrado, no sul de Brasília. O órgão mantém coleções biológicas próprias. Nos anos 1980, incorporou o herbário do projeto Radam Brasil, criado nos anos 1970 a fim de monitorar o uso da terra no país, em especial na Amazônia, por meio de imagens de radar captadas por aviões. Também possui outro herbário e coleções zoológicas em sua reserva ecológica.

O biólogo Leonardo Bergamini, analista de biodiversidade do IBGE e um dos responsáveis pela avaliação, explica que o órgão tem interesse nas informações do SiBBR porque elas são um insumo importante para os estudos do seu programa de contabilidade econômica ambiental, que busca



entender as interações entre meio ambiente e agentes econômicos e esclarecer as contribuições da natureza à sociedade humana. “Nosso estudo buscou, de forma experimental, avaliar a qualidade dos dados disponíveis e contribuir para que sejam aperfeiçoados.”

Ao menos 7 milhões de registros não têm uma coordenada geográfica precisa, mas parte deles contém alguma informação sobre o município ou a localidade em que foram coletados. “Com investimentos em curadoria, seria possível atribuir uma coordenada aproximada, o que permitiria usar o dado em modelagens ou cruzar a ocorrência de uma espécie com outras informações georreferenciadas, como a cobertura de uso da terra ou a temperatura”, afirma. Nas coleções biológicas, há informações incompletas, que poderiam ser agregadas com a ajuda de bolsistas contratados para a tarefa. Já para grupos taxonômicos pouco representados, a exemplo de artrópodes e fungos, não há solução além de investir em mais pesquisas de caracterização de espécies.

Com recursos do governo federal e do Fundo Global para o Meio Ambiente, o SiBBR foi criado há nove anos como um braço brasileiro de um grande banco de dados internacional sobre biodiversidade, o Global Biodiversity Information Facility (GBIF), mantido por um consórcio de cerca de 60 países e inaugurado no final dos anos 1990. Em 2023, a plataforma brasileira foi acessada por mais de 160 mil usuários, um patamar 80% superior ao do ano anterior, e foi citada em 160 publicações científicas. Até meados de janeiro, a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) deve lançar um edital de R\$ 125 milhões para financiar a digitalização das coleções biológicas, que deve ter um efeito na oferta de dados para a plataforma.

Desde que foi criado, o SiBBR enfrentou vários obstáculos para se consolidar. “O sistema ainda é instável quanto ao funcionamento por falta de uma regularidade dos recursos humanos à sua frente, que depende da disponibilidade de recursos do MCTI”, diz Carlos Alfredo Joly, professor emérito da Unicamp, que fundou e foi o coordenador do Programa Biota FAPESP – criada em 1999, essa iniciativa possibilitou a descrição de mais de 500 espécies da biodiversidade paulista. As informações também serviram de subsídio para aperfeiçoar a legislação estadual de conservação.

Na avaliação da física Marcia Barbosa, secretária de Políticas e Programas Estratégicos do MCTI e responsável pelo SiBBR, a análise feita pelo IBGE é importante para mostrar as lacunas

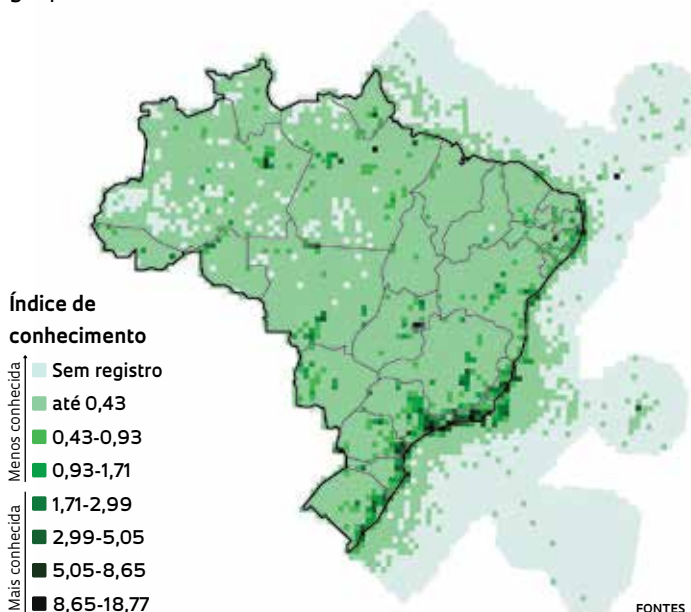


Tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*), em Guarapari (ES), e gafanhoto-soldado (*Chromacris speciosa*), em São Bernardo do Campo (SP)



ENTRE A ABUNDÂNCIA E A ESCASSEZ DE DADOS

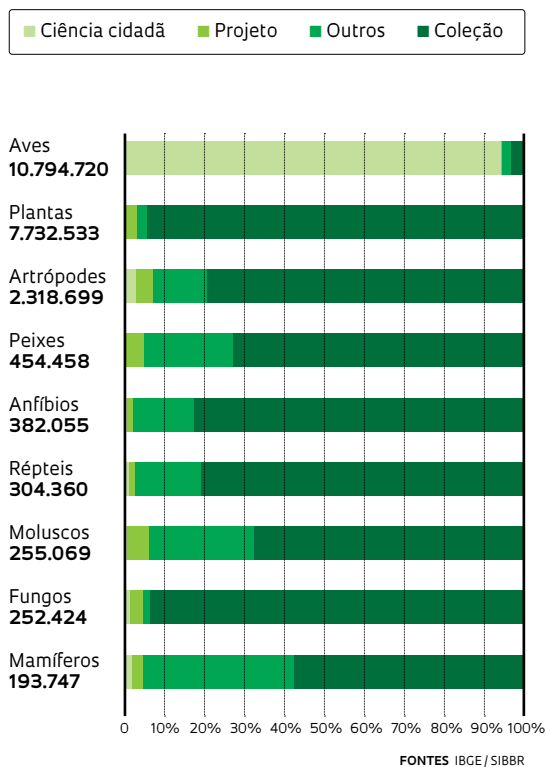
O índice de conhecimento sobre os nove grupos taxonômicos selecionados



FONTES: IBGE / SiBBR

A ORIGEM DAS ESPÉCIES

Número de registros no SiBBr por grupo taxonômico e, em porcentagem, quais foram as fontes de informação



e apontar caminhos para saná-las. “Há um outro aspecto positivo do estudo, que é chamar a atenção do público para os recursos da ferramenta e ampliar o número de usuários. É importante que mais gente utilize o sistema para essa experiência nortear o trabalho da Rede Nacional de Pesquisa, que mantém o sistema em operação”, afirma Barbosa, que é pesquisadora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A secretária afirma, contudo, que os desafios são bem mais amplos do que aparentam. “A questão agora é obter dados sobre as espécies que ainda não conhecemos. Vamos precisar de mais investimentos e de estratégias melhores do que temos hoje”, afirma. “Os avanços na chamada biologia sintética exigem que a gente aprenda a reproduzir processos da natureza capazes de substituir as rotas de produção adotadas atualmente e que lançam carbono na atmosfera. Conhecer melhor a biodiversidade brasileira é essencial para alcançar esse objetivo.” Barbosa menciona uma iniciativa que

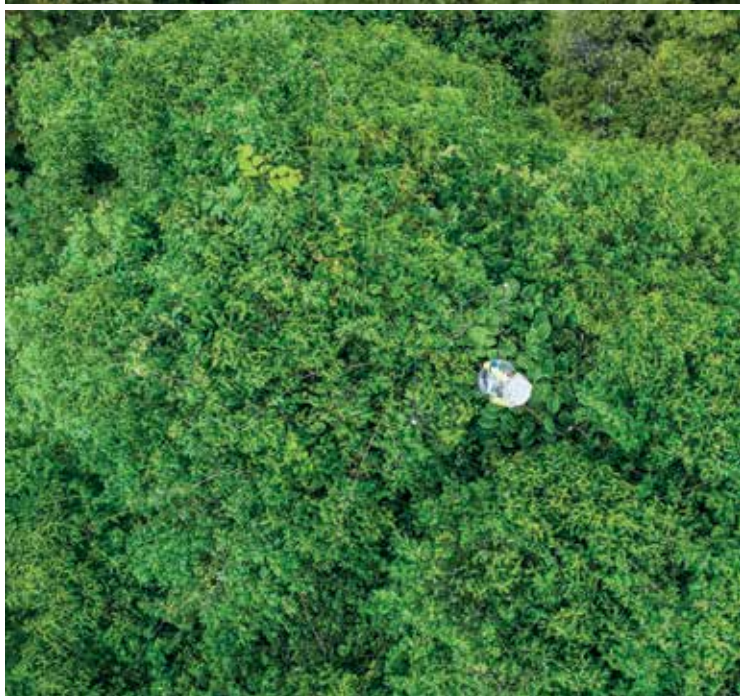


Jabuti-tinga (*Chelonoidis denticulatus*), em Alta Floresta (MT); e o cogumelo *Cookeina speciosa*, em Nova Iguaçu (RJ)

pode auxiliar nessa tarefa: o projeto Providence – Som da Floresta, desenvolvido desde 2019 pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, organização social ligada ao MCTI e instalada em Tefé, no Amazonas. O projeto se baseia em um dispositivo semelhante a um celular, abastecido por energia solar, que pode ser pendurado em árvores no meio da floresta para coletar imagens e, principalmente, sons do ambiente. “A tecnologia já está disponível. O próximo passo é conseguir financiamento internacional para poder analisar o enorme volume de dados que esses dispositivos podem captar na floresta”, explica. Em parceria com o Ministério dos Povos Indígenas, o MCTI planeja instalar dispositivos em uma reserva indígena e permitir que os sons e imagens registrados sejam acompanhados em tempo real por qualquer pessoa na internet. “Com isso, pesquisadores de qualquer lugar do mundo poderão nos ajudar a identificar a presença de espécies e geolocalizá-las, dentro de um esquema de ciência aberta”, afirma a física, que antevê uma grande produção de registros originais sobre plantas e animais para abastecer o SiBBr. ■

INOVAÇÃO

PARA MAPEAR A BIODIVERSIDADE DA FLORESTA





Minúscula na escala do dossel da floresta, redoma se fixa nas árvores e faz medições ambientais

Em julho de 2024, no Amazonas, equipe brasileira disputará a final do prêmio de US\$ 10 milhões que estimula o desenvolvimento de tecnologias autônomas com rápida integração de dados

Sarah Schmidt



Um drone de cerca de 1 metro (m) de diâmetro sobrevoa o dossel de uma floresta tropical. Em seguida, deposita sobre uma das copas uma redoma transparente de acrílico com pernas feitas de fibra de carbono, como se fossem aranhas de cerca de 2 m de diâmetro. Ali dentro há câmeras fotográficas, gravadores de som, sensores de umidade, de dióxido de carbono (CO₂) e de temperatura. Depois, o mesmo aparelho voador, munido de duas garras e de uma pequena serra redonda, corta um pedaço de galho do topo da árvore e o leva para a equipe de pesquisadores que o controla nas proximidades da mata. Eles também recebem em seus computadores as imagens, sons e demais dados coletados.

Ao mesmo tempo, outros drones usam radares para mapear a área por meio de sensoriamento remoto e um carrinho robótico percorre o chão coletando amostras. O arsenal dá a ideia daquilo que a equipe brasileira, formada por 80 pesquisadores e uma das seis finalistas do XPRIZE Rainforest Florestas Tropicais, prepara para a final da competição, em julho de 2024. A missão: levantar o maior número de dados sobre as espécies de plantas e de animais em uma porção de 100 hectares (ha) de floresta amazônica em 24 horas. E analisar tudo em outras 48 horas.

“Enquanto atletas do mundo todo estarão em busca de medalhas na Olimpíada de Paris, estaremos competindo para mapear a biodiversidade desses ambientes difíceis de serem penetrados”, diz a bióloga Simone Dena, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), coordenadora de bioacústica da equipe brasileira. Cerca de 300 pesquisadores representarão os times finalistas: o do Brasil, três dos Estados Unidos, um da Espanha e outro da Suíça na final no Amazonas. A data e o local exatos serão revelados mais adiante. O pri-

meiro lugar receberá US\$ 5 milhões, o segundo, US\$ 2 milhões, e o terceiro US\$ 500 mil. Ao final da disputa, os dados serão compartilhados nas bases de dados de acesso aberto GBIF e iNaturalist.

“O objetivo é estimular o desenvolvimento de tecnologias autônomas com rápida integração de dados que permitam ampliar o mapeamento da biodiversidade e melhorar o conhecimento sobre os ecossistemas de florestas tropicais”, afirma a brasileira Michelle Siqueira, que integra a equipe de gestão do prêmio, organizado pela XPRIZE Foundation, organização norte-americana sem fins lucrativos. A fundação faz a gestão de prêmios voltados para a aceleração de novas tecnologias, como a corrida espacial privada, e aqueles voltados para desafios ambientais e sociais globais, como a limpeza de derramamentos de óleo no mar, monitoramento da acidificação dos oceanos, entre outros.

Ao longo de quatro anos de competição, 300 grupos de 70 países passaram por fases eliminatórias da disputa e 15 equipes chegaram à semifinal presencial em junho de 2023, quando puseram seus equipamentos à prova pela primeira vez em um fragmento florestal de Singapura. Na ocasião, a equipe brasileira identificou 209 espécies, entre plantas, anfíbios, invertebrados, aves e mamíferos. Cada uma das seis equipes selecionadas para a final recebeu cerca de US\$ 333 mil. O time brasileiro tem investido o valor em bolsas de pesquisa, equipamentos e custeará uma viagem ao Amazonas no começo do ano para mais testes de campo.

“Com as técnicas mais tradicionais, não conseguimos mapear e identificar amplamente muitas espécies de plantas e animais antes que boa parte deles seja extinta”, observa o biólogo Vinicius Castro Souza, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq-USP), em Piracicaba. “Por isso, considera-

mos o desafio importante para acelerar esse processo e ainda desenvolver meios de fazer coletas remotas, que trazem menos riscos nos trabalhos de campo”, complementa.

O Brazilian Team tem uma maioria de brasileiros, mas inclui integrantes de outros países – Colômbia, Estados Unidos, França, Alemanha, Espanha, Portugal e Reino Unido – divididos em seis subgrupos: bioacústica, robótica, sensoriamento remoto, DNA, biodiversidade e *insights*. Essas áreas se organizam por meio de duas estratégias paralelas, centradas na identificação da biodiversidade visível (amostras e imagens de animais e plantas) e da invisível, com análise dos vestígios de DNA dos organismos presentes no ambiente, o chamado DNA ambiental (eDNA). Os pesquisadores também pretendem contar com o apoio de ações de ciência cidadã, envolvendo a comunidade local na identificação das espécies.

EQUIPAMENTOS ADAPTADOS

Para as coletas pelo chão, um carrinho-robô comercial com cerca de 1,5 m de comprimento e 100 quilogramas (kg) foi adaptado com uma série de complementos. Além de câmeras e gravadores de sons, um sistema coleta e armazena cerca de 1 kg de serrapilheira com terra, folhas, galhos e pequenos insetos. Um perfurador de solo faz buracos de 15 centímetros (cm) de profundidade e uma armadilha luminosa atrai insetos, como pernilongos.

Por ar, um drone foi adaptado para carregar a redoma de acrílico, uma semiesfera que abriga os equipamentos das intempéries climáticas. Em locais com sinal de internet, placas de computador permitem enviar as informações para um

sistema na nuvem. “A cúpula foi pensada para ser modular, o que permite a personalização dos equipamentos que vai carregar”, explica o engenheiro elétrico Marco Terra, da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP), coordenador da área de robótica da equipe.

Outro drone ganhou garras e uma serra que lhe permitem cortar e carregar galhos com cerca de 20 centímetros (cm) de comprimento e que pesam em média 40 gramas (g). A engenhoca, inspirada em uma iniciativa canadense, ganhou o apelido carinhoso de podão automático e propõe uma solução para a dificuldade de coletar amostras de árvores gigantes que crescem na Amazônia. “Geralmente, para fazer esse trabalho, é preciso contar com escaladores ou lançar uma espécie de estilingue com linhas de pesca”, observa Terra. O aparelho ainda precisa de ajustes de estabilidade, como perceberam os pesquisadores ao usá-lo na semifinal em Singapura.

Na avaliação de Terra, dos equipamentos desenvolvidos, a cúpula e a garra de poda teriam mais potencial de se tornarem produtos comercializáveis, por serem úteis nos trabalhos de campo de uma diversidade de pesquisas. “A cúpula, com esse design, é uma criação nossa e seu pedido de patente já está escrito. Na garra, fizemos adaptações para a realidade de florestas tropicais que também permitem gerar um pedido de patente”, diz o engenheiro. Segundo ele, um dos objetivos da equipe é fazer com que alguns equipamentos, controlados de modo remoto, sejam autônomos – mais detalhes só serão conhecidos na final.

DNA AMBIENTAL E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O material vegetal e animal coletado deve passar por uma triagem e ser analisado por taxonomistas com auxílio de softwares. Parte dele vai para o

Adaptações em carrinho automatizado e estrutura em forma de aranha podem render patentes



laboratório móvel de análises genéticas. Os pesquisadores usam sequenciadores portáteis, do tamanho de tablets, que podem ser conectados a um computador.

“Fazer o sequenciamento em campo é complicado. Estamos promovendo ajustes nos protocolos para torná-los mais eficientes, em parceria com os próprios fabricantes, porque esses equipamentos foram desenvolvidos para sequências de DNA mais longas do que conseguimos obter com o DNA ambiental”, explica a bióloga Carla Martins Lopes, do *campus* de São Carlos da USP, coordenadora da equipe de DNA.

Outras informações intangíveis sobre a biodiversidade devem ser coletadas e processadas com a ajuda de softwares com inteligência artificial para acelerar o processo de identificação da biodiversidade. Com os drones para sensoramento remoto, há três estratégias. A primeira é obter imagens com a técnica Light Detection and Ranging (Lidar), que utiliza pulsos de luz laser que, uma vez refletida pelas árvores, permite o mapeamento da estrutura da floresta, como relevo e estatura da vegetação, além de estoques de carbono. “A segunda consiste em criar mapas em alta resolução das copas das árvores, que usamos para treinar um algoritmo de reconhecimento de espécies semelhante ao que fazem os sistemas de reconhecimento facial”, observa o engenheiro florestal Danilo Roberti Alves de Almeida, um dos diretores da startup BRCarbon Climate Tech e coordenador do subgrupo de sensoramento remoto, junto com o gestor ambiental Paulo Guilherme Molin, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). A terceira estratégia usa drones autônomos, com sensores de zoom óptico, para registrar fotografias em alta resolução da vegetação para posterior identificação por inteligência artificial.

O outro algoritmo, capaz de reconhecer o som de animais como aves, anfíbios, morcegos e insetos, também está em desenvolvimento. Ele vem sendo treinado com o banco de dados público da Fonoteca Neotropical Jacques Viellard (FNJV) do Museu de Diversidade Biológica da Unicamp, que abriga aproximadamente 81 mil registros. “Estamos em contato com pesquisadores do Amazonas para levantar mais sons de animais da região e ampliar o acervo que será utilizado pelo nosso software”, explica o biólogo Luís Felipe Toledo, da Unicamp, um dos coordenadores do grupo de bioacústica. A ideia é disponibilizar o software em acesso aberto.

As outras cinco equipes também estão na disputa por desenvolver drones, robôs autônomos, plataformas aéreas e sistemas de inteligência artificial que permitam coletar e identificar espécies

da maneira mais automatizada e rápida possível. “A proposta do protocolo da equipe brasileira, que usa drones, robôs de coleta, processamento de dados de DNA, tudo integrado, parece promissora para acelerar as atividades de levantamento de espécies nesses ambientes”, avalia o biólogo Fabiano Rodrigues de Melo, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), que não participa da competição. Desde 2017 ele utiliza drones e programas com inteligência artificial para identificar muriquis nas matas de Minas Gerais.

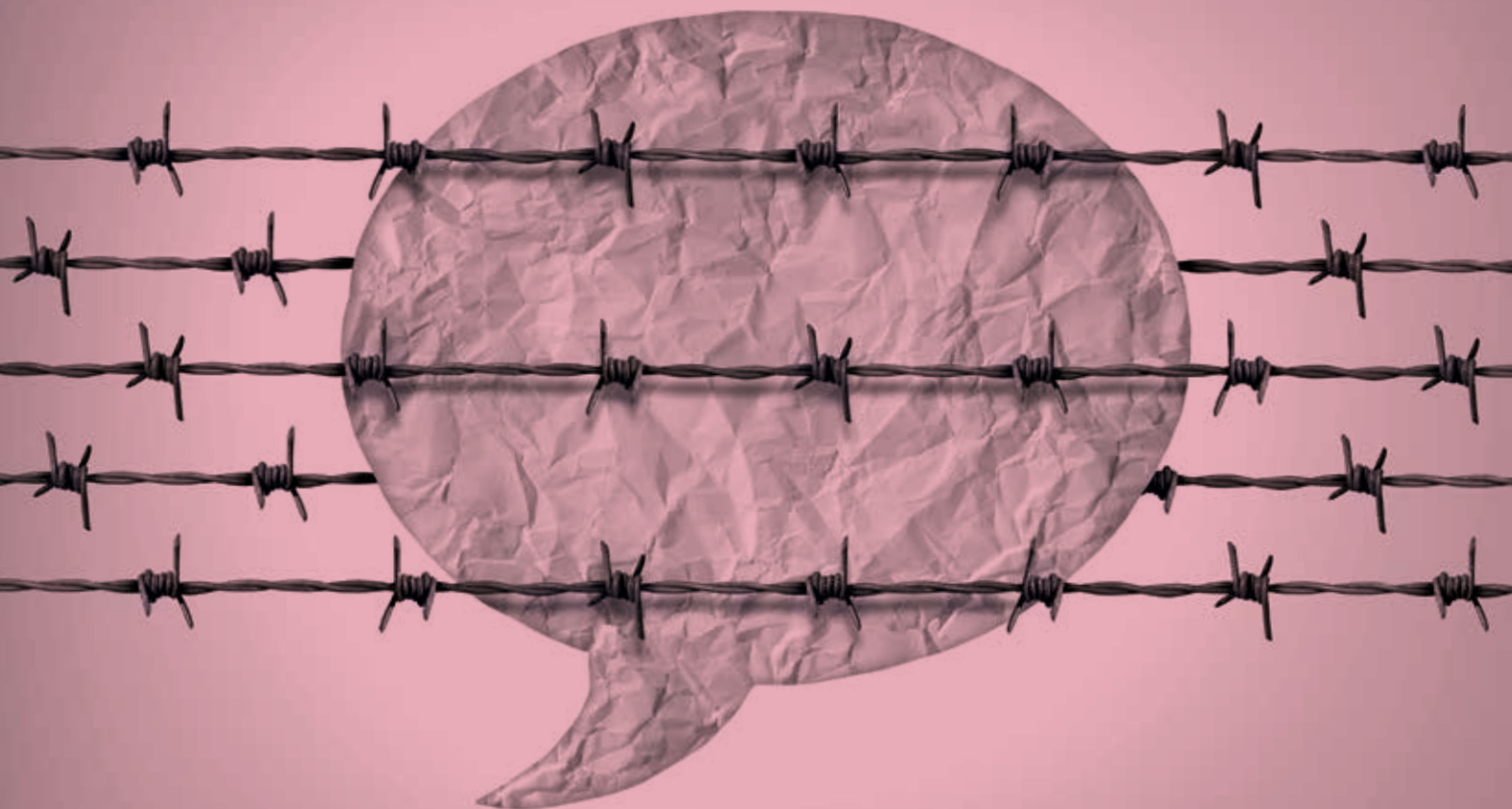
“As florestas tropicais abrigam a maior biodiversidade do planeta, e essa diversidade ainda é pouco conhecida, especialmente na floresta amazônica, com suas dimensões continentais”, diz a engenheira-agrônoma Simone Aparecida Vieira, da Unicamp, integrante da coordenação do Programa Biota-FAPESP. Ela observa que métodos tradicionais de levantamento da biodiversidade demandam um grande esforço de tempo e pessoas e, por isso, utilizar tecnologias de vanguarda para identificar espécies nesses locais pode auxiliar nas políticas de conservação. “O prêmio traz esse desafio para o presente, incentivando ideias ousadas para ampliar nosso conhecimento sobre a biodiversidade, algo que o Biota também tem estimulado desde a sua criação, em 1999, e que está pontuado em seu planejamento estratégico para o período 2020-2030”, complementa.

O financiamento do prêmio, um valor total de US\$ 10 milhões, vem da Alana Foundation, ligada ao Instituto Alana, uma organização brasileira sem fins lucrativos que promove ações de proteção aos direitos das crianças e dos adolescentes. “Entramos em contato com a XPRIZE e os instigamos a pensar em algo voltado para soluções para o Sul global, e eles chegaram à conclusão de que a perda de espécies em florestas tropicais era um tema urgente”, conta Pedro Hartung, diretor-executivo da fundação. “Se nosso objetivo é proteger as crianças, precisamos garantir que elas tenham um mundo sustentável onde possam crescer. E isso passa por iniciativas que ajudem a encontrar alternativas para preservar nossa biodiversidade”, conclui. ■



Drones transportam equipamentos e coletam ramos a até 60 metros de altura

Os projetos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.



BOAS PRÁTICAS

Sensibilidade à flor da pele

Psicólogos sociais dizem que temas controversos de pesquisa podem ser alvo de censura dissimulada e pedem mais transparência nos processos da ciência

Um grupo internacional liderado por especialistas em psicologia social publicou um estudo na revista *PNAS*, da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos, em que discute os prejuízos de impedir a disseminação de ideias acadêmicas controversas ou potencialmente perigosas, mas que são baseadas em evidências e foram obtidas com rigor metodológico. Esse tipo de situação é definido pelos autores como “censura científica”. Em alguns casos, o cerceamento pode ter justificativas. Um exemplo é obstruir a divulgação de resultados de pesquisa que possam representar ameaças concretas à vida ou à sociedade, como dados que facilitem a manipulação de patógenos mortais ou que elucidem o processo de fabricação de armas nucleares, para citar dois cenários extremos.

Mas não é esse o caso que preocupa os autores do estudo, afiliados a universidades dos Estados Unidos, do Canadá, da Itália e da Austrália. Eles sustentam que é crescente a percepção na comunidade científica e no público de um tipo mais brando e dissimulado de censura. O problema seria tangível na dificuldade de publicar artigos fundamentados propondo ideias excêntricas ou contrárias a consensos; ou no expediente de taxar um estudo como “pseudociência” antes de se cumprir o ritual de refutá-lo com evidências; ou ainda nas recomendações de mentores e chefes

de departamento a pesquisadores mais jovens sobre os riscos de publicar trabalhos sobre temas politicamente sensíveis ou que possam ferir suscetibilidades de grupos vulneráveis, em um tipo de censura que os autores classificam como “benevolente”, porque busca proteger a carreira de colegas.

“A nossa análise aponta que a censura científica é frequentemente conduzida por cientistas motivados principalmente por autoproteção, por benevolência para com os colegas e por preocupações com o bem-estar dos grupos sociais humanos”, afirma o estudo, publicado na seção Perspectivas da *PNAS*, que é dedicada à discussão de problemas críticos da ciência. O grupo responsável pelo trabalho é coordenado pela psicóloga social Cory Clark, da Universidade da Pensilvânia. Ela é diretora do Adversarial Collaboration Project (algo como projeto colaborativo do contraditório), que propõe diálogo e cooperação entre pesquisadores com visões teóricas e ideológicas conflitantes a fim de produzir resultados de pesquisa mais precisos e livres de vieses ou ambiguidades. Um dos focos do grupo é estudar e coibir o chamado preconceito de confirmação, a tendência de considerar válidas afirmações com as quais se concorda, sem testá-las com o mesmo rigor aplicado a hipóteses dissonantes.

Até mesmo a retratação de artigos, um dos principais mecanismos de autocorreção da ciência, pode dar margem à percepção de cerceamento de ideias, segundo os autores. Um exemplo mencionado foi o de um artigo publicado em 2020 na revista *Nature Communications*, segundo o qual estudantes e pesquisadoras do sexo feminino teriam desempenho acadêmico melhor sob orientação ou supervisão de mentores homens. O estudo, assinado por autores da Universidade de Nova York, *campus* de Abu Dhabi, nos Emirados Árabes Unidos, foi duramente criticado por supostamente ter viés sexista e acabou cancelado pela revista por problemas metodológicos.

Segundo a nota de retratação, as conclusões se baseavam na análise de duplas de autores de artigos científicos – um sênior e um júnior – e não seria possível extrapolar o desempenho de coautores para a relação entre mentores e seus alunos. Os responsáveis pelo artigo concordaram com a retratação e pediram desculpas, embora tenham reafirmado a solidez de suas análises para coautorias: “Muitas mulheres têm sido extremamente influentes nas nossas próprias carreiras e expressamos nossa firme solidariedade e apoio às inúmeras mulheres que têm sido uma força motriz no avanço científico”.

Um editorial da *Nature Communications* a propósito do caso reafirmou o compromisso da revista com o equilíbrio de gênero na ciência e anunciou uma revisão nas políticas de publicação quando os manuscritos abordarem temas sensíveis. “Reconhecemos que é essencial garantir que tais estudos sejam considerados a partir de múltiplas perspectivas, incluindo as de grupos preocupados com os resultados. Acreditamos que isso nos ajudará a garantir que o processo de revisão

tenha em conta a dimensão de danos potenciais e que as afirmações sejam moderadas, considerando suas limitações, quando as conclusões tiverem potenciais implicações políticas.” Para os autores do ensaio, a mudança introduz nas políticas da revista ferramentas discricionárias que vão além das necessárias para preservar a ética nas pesquisas: “Elas dizem respeito a possíveis danos não especificados que poderiam resultar da divulgação dos resultados. Os editores estão concedendo a eles próprios uma grande margem de manobra para censurar pesquisas de qualidade que ofendem suas sensibilidades morais”.

É certo que resultados de pesquisa polêmicos podem desencadear reações de grupos minoritários ou vulneráveis e criar saias-justas para os editores, mas a ideia de que resultados robustos estariam deixando de ser publicados carece de confirmação – e os próprios psicólogos sociais reconhecem a escassez de estudos sobre o tema e a necessidade de produzir conhecimento sobre ele. Há exemplos recentes mostrando que é possível divulgar resultados controversos de forma rigorosa e sem ferir suscetibilidades. Em 2019, um amplo estudo sobre a influência dos genes no comportamento homossexual humano foi publicado na revista *Science* e indicou a existência de milhares de variantes genéticas comuns a indivíduos que se relacionam com pessoas do mesmo sexo (ver Pesquisa FAPESP nº 284). A divulgação dos resultados foi feita com cuidado, para evitar interpretações equivocadas. O *press release* do artigo trazia uma série de alertas sobre as limitações da pesquisa e os autores trabalharam em conjunto com especialistas em comunicação científica e grupos de defesa de gays, lésbicas, bissexuais e transgêneros para discutir estratégias para a apresentação dos achados.

As preocupações dos especialistas em psicologia social podem soar exageradas, mas as recomendações que eles fazem para combater a percepção de censura disfarçada são mais fáceis de aceitar: a receita é radicalizar a transparência nos processos científicos. Uma das propostas é tornar o processo de revisão por pares o mais aberto possível, garantindo aos autores de artigos rejeitados explicações precisas sobre os motivos da recusa – caso se sintam discriminados ou alvo de cerceamento de ideias, eles teriam um instrumento fidedigno para defender seus pontos de vista. O mesmo vale para a retratação de artigos. Quanto mais detalhada for a explicação sobre os motivos para invalidar um artigo, menor será a margem para a sensação de injustiça. Outra sugestão é criar sistemas de auditoria nos periódicos para examinar seus processos de avaliação de artigos e averiguar que são isentos de vieses. Também se recomenda que as revistas criem espaços para que autores de manuscritos avaliem o trabalho de editores e revisores, permitindo que informem sobre eventuais preocupações relacionadas à censura. ■

Fabício Marques

Estudo mostra potencial do ChatGPT para fabricar e fraudar resultados de ensaios clínicos

Pesquisadores italianos mostraram que a tecnologia de inteligência artificial que abastece o ChatGPT é capaz de gerar dados falsos de ensaios clínicos para sustentar conclusões de artigos científicos fraudulentos. Em um *paper* publicado em 9 de novembro na revista *JAMA Ophthalmology*, o grupo do cirurgião oftalmologista Giuseppe Giannaccare, da Universidade de Cagliari, na Itália, utilizou os recursos do GPT-4, versão mais recente do modelo de linguagem do ChatGPT, associados aos de outro modelo que produz análises estatísticas e visualização de dados, o Advanced Data Analysis (ADA). Por meio deles, conseguiu manipular dados de ensaios clínicos sobre dois tipos de transplante de córnea adotados no tratamento de uma doença chamada ceratocone.

Por solicitação dos pesquisadores, os modelos geraram uma determinada diferença estatística em exames feitos

com pacientes operados. Os ensaios clínicos simulados incluíram 160 participantes do sexo masculino e 140 mulheres e concluíram que uma cirurgia era mais efetiva do que a outra, embora isso não seja verdade. Um ensaio clínico real realizado em 2010 com 77 participantes mostrou que os resultados dos dois métodos são semelhantes até dois anos após as cirurgias.

Giannaccare disse à revista *Nature* que o objetivo do trabalho foi mostrar que, em poucos minutos, é possível fazer com que o modelo de inteligência artificial fabrique resultados científicos convincentes, mas que não são amparados por informações reais e que até mesmo podem ir na contramão das evidências. “Se olharmos muito rapidamente, é difícil reconhecer a origem não humana”, afirmou o cirurgião.

“Parece muito fácil criar conjuntos de dados que sejam pelo menos superficial-

mente plausíveis”, disse Jack Wilkinson, bioestatístico da Universidade de Manchester, no Reino Unido, que analisou os ensaios falsos a pedido da *Nature*. Com seu colega Zewen Lu, ele só encontrou inconsistências nos resultados depois de fazer um exame minucioso. Havia discrepâncias, por exemplo, entre nomes atribuídos a pacientes e o sexo que seria esperado para eles. As idades dos voluntários se agruparam de uma forma que dificilmente seria obtida em um experimento genuíno – havia uma quantidade desproporcional de participantes cujas idades terminavam com os números 7 ou 8. Outro problema foi a falta de correlação entre medidas obtidas em exames feitos com os pacientes antes e depois das cirurgias. Em um projeto colaborativo, Wilkinson está desenvolvendo ferramentas também baseadas em inteligência artificial para detectar esse tipo de estudo problemático.

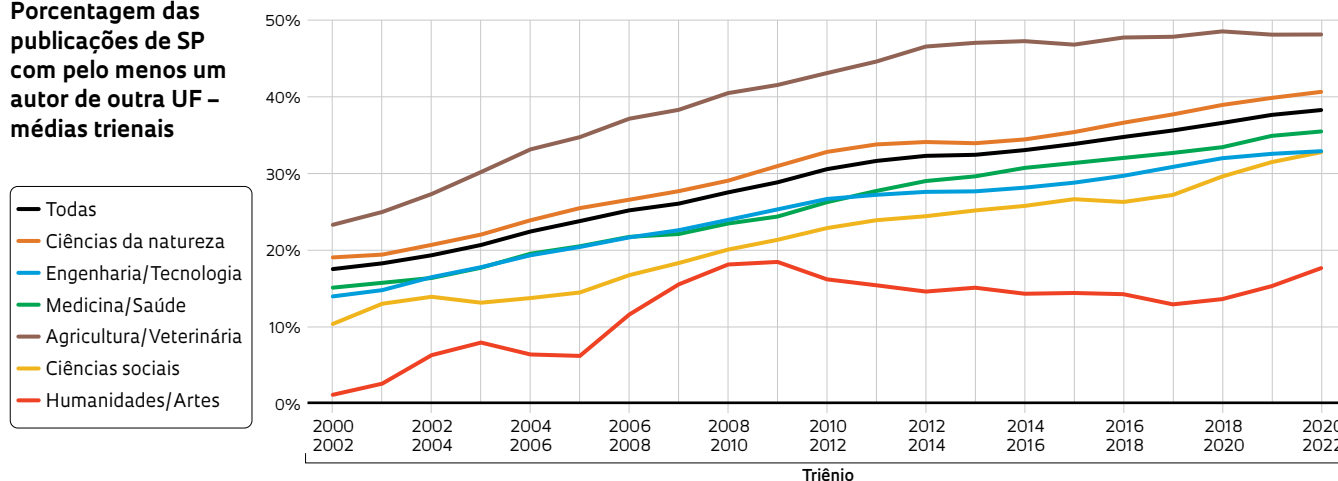
Universidades sauditas sofrem expurgo em lista de pesquisadores altamente citados

De um ano para o outro, caiu de 109 para 76 o número de pesquisadores de instituições da Arábia Saudita que integram a lista de 6,8 mil cientistas altamente citados divulgada pela empresa Clarivate Analytics. O expurgo é atribuído a denúncias de que as universidades sauditas vinham simulando a contratação de dezenas de pesquisadores estrangeiros altamente citados para melhorar sua classificação em rankings universitários internacionais. A prática não era nova. Em 2011, a revista *Science* mostrou que universidades do país do Oriente Médio pagavam para cientistas de renome da Europa e dos Estados Unidos adotarem-nas como sua segunda afiliação, em troca do compromisso de estarem nas instituições alguns poucos dias por ano. Ciente da manobra, um tradicional ranking de universidades da China, produzido pela Universidade Jiao Tong de Xangai, deixou de considerar afiliações secundárias como parâmetro. Para contornar a mudança, pesquisadores passaram a informar uma instituição saudita como a afiliação primária e o seu emprego real como vínculo secundário.

O artifício foi revelado recentemente por uma reportagem do jornal espanhol *El País*. Ela mostrou que vários cientistas da Espanha participavam do esquema. Um dos casos foi o do químico Rafael Luque Alvarez de Sotomayor, demitido da Universidade de Córdoba porque também era afiliado à Universidade King Saud, em Riad, capital da Arábia Saudita, e à Universidade RUDN, em Moscou, na Rússia, embora fosse contratado em regime de tempo integral na instituição espanhola (ver Pesquisa FAPESP nº 327). Neste ano, a Clarivate Analytics excluiu cerca de mil pesquisadores da relação dos altamente citados porque eles cometeram irregularidades para ingressar na lista.

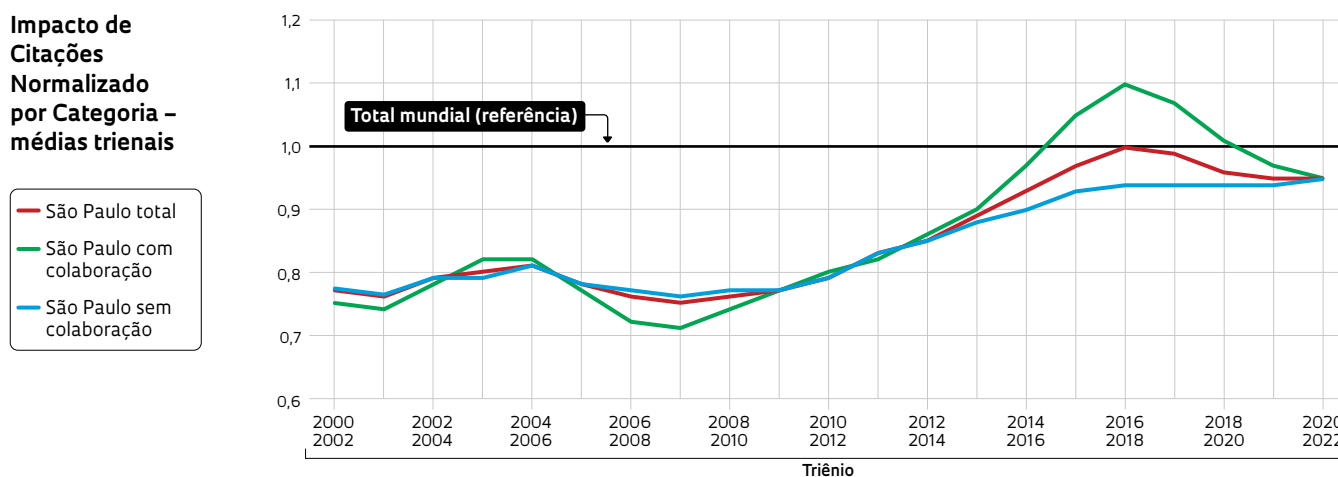
- ▶ Cientistas de São Paulo participaram como autores¹ de 28.481 publicações científicas² entre 2020 e 2022 (média anual)
- ▶ Dessas, 10.943, ou 38,4%, tiveram pelo menos um autor sediado em outra unidade da federação (UF)
- ▶ Houve um crescimento significativo de colaborações entre os triênios de 2000-2002 e 2020-2022 em todas as grandes áreas do conhecimento³

Porcentagem das publicações de SP com pelo menos um autor de outra UF – médias trienais



- ▶ Foi na área de Agricultura e Veterinária que se observou maior grau de colaboração (quase 50% no último triênio), seguida pela de Ciências da natureza (41%)
- ▶ As de Medicina e Saúde, Engenharia e Tecnologia e Ciências sociais situaram-se entre 32% e 35%, seguidas pelas Humanidades e Artes, com apenas 18% de publicações colaborativas
- ▶ Colaborações tendem a ampliar o impacto de publicações científicas medido pelo número de citações recebidas em outras publicações. O impacto normalizado⁴, tomando o total mundial como referência (ICNC = 1,00), pode ser visto no gráfico a seguir. Ele mostra como esse índice tem sido influenciado por colaborações entre pesquisadores de São Paulo e de outras UF

Impacto de Citações Normalizado por Categoria – médias trienais



- ▶ Até 2013-2015 era irrelevante o efeito positivo no índice de citações para as publicações em colaboração, mas a partir de 2014-2016 foi crescente, até atingir o máximo em 2016-2018. Desde então, tal movimento se reverteu – reforçado pelos efeitos da Covid-19 –, reduzindo o impacto, até sumir em 2020-2022
- ▶ Em relação às grandes áreas do conhecimento, no último triênio todas⁵ apresentaram pequenas diferenças no impacto para publicações de São Paulo, com ou sem colaborações. A maior diferença positiva em favor das publicações em colaboração foi na área de Medicina e Saúde (0,08 pp⁶)
- ▶ No triênio 2016-2018, as maiores diferenças ocorreram nas áreas de Medicina e Saúde (+0,29 pp, em favor das publicações com colaborações) e de Ciências da natureza (+0,14 pp). Apenas nas áreas de Engenharia e Tecnologia e de Agricultura e Veterinária não se verificaram diferenças positivas significativas

NOTAS (1) UMA PUBLICAÇÃO É ATRIBUÍDA A UM PAÍS/REGIÃO SE PELO MENOS UM DOS AUTORES É SEDIADO NO PAÍS/REGIÃO (2) CONSIDERARAM-SE AS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS INDEXADAS PELA BASE WEB OF SCIENCE E INCLuíDAS NA PLATAFORMA INCITES. OS TIPOS DE PUBLICAÇÕES INCLuíDOS FORAM **ARTICLE, REVIEW E PROCEEDINGS PAPER** (3) ADOTARAM-SE AS GRANDES ÁREAS DO CONHECIMENTO DEFINIDAS PELA OCDE (4) O ÍNDICE UTILIZADO É O ESTIMADO PELO INCITES A PARTIR DOS DADOS WEB OF SCIENCE, DENOMINADO **CATEGORY NORMALIZED CITATION IMPACT**. ELE CONSIDERA A RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE CITAÇÕES DOS ARTIGOS DE UMA GRANDE ÁREA, POR ANO, DE UM CONJUNTO DE PUBLICAÇÕES E A MÉDIA PARA O CONJUNTO DE TODAS AS PUBLICAÇÕES DA ÁREA PUBLICADAS NO ANO, EM NÍVEL MUNDIAL (5) ESSA ANÁLISE DESCONSIDERA A ÁREA DE HUMANIDADES E ARTES EM FACE DO REDUZIDO NÚMERO DE CASOS E DA GRANDE VARIABILIDADE DO INDICADOR (6) PONTO PERCENTUAL

FONTE: INCITES/CLARIVATE, DADOS ATUALIZADOS ATÉ 30/11/2023 ELABORAÇÃO: GERÊNCIA DE ESTUDOS E INDICADORES, DPCTA/FAPESP



VAZIOS QUE ROMPEM O CHÃO



Água invade o bairro Mutange: afundamento do solo é maior nas áreas próximas às minas

Solo sobre as minas de sal em bairros de Maceió começou a afundar há quase 20 anos

Sarah Schmidt

O afundamento do solo sobre minas subterrâneas de exploração de sal-gema, como o noticiado desde novembro em Maceió, pode começar de modo silencioso e suave – apenas alguns milímetros por ano. É o que deve ter ocorrido na capital alagoana. Em um estudo publicado em abril de 2021 na revista *Scientific Reports*, pesquisadores do Centro Alemão de Pesquisas em Geociências (GFZ) e a Universidade de Hannover, ambos na Alemanha, argumentam que trechos de três bairros próximos à lagoa Mundaú – Pinheiro, Mutange e Bebedouro – já estariam cedendo desde 2004, embora sem chamar muito a atenção. As análises de imagens de satélite indicaram que o solo na região da mineração afundou cerca de 2 metros (m) de 2004 a 2020.

O geólogo Marcos Hartwig, da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), chegou à conclusão similar à dos alemães: o solo de alguns pontos dessa região afundou 1 m entre 2016 e 2020, como detalhado em um artigo publicado em abril de 2023 na revista científica *Acta Geotechnica*, com a participação de pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e da Universidade de São Paulo (USP). “O afundamento é maior nas áreas próximas às minas, o que reforça a relação de causalidade”, afirma.

Por causa de tremores de terra e rachaduras em casas e ruas, órgãos públicos obrigaram cerca de 60 mil pessoas a deixar suas casas – os primeiros moradores dos cinco bairros considerados áreas de risco começaram a sair ainda em 2019. Segundo a prefeitura de Maceió, em dezembro de 2023 a área com risco de afundamento correspondia a 3 km², quase 3% da área urbanizada do município.

O problema se agravou em dezembro de 2023, quando, em apenas 10 dias, o solo afundou cerca de 2 m sobre uma das 35 minas, a 18, já coberta pela água da lagoa Mundaú, até desmoronar.

Há no mundo pelo menos 50 relatos de afundamentos de solo em áreas urbanas devido à mineração de sal, nos Estados Unidos, no Canadá, na Europa e na Ásia. Um dos maiores ocorreu em Tuzla, na Bósnia e Herzegovina (BiH): o solo

sobre uma mina afundou 12 metros, destruindo casas, prédios, redes de esgoto e linhas elétricas. A mina foi preenchida com água e fechada em 2006, mas em 2021 o solo continuava a ceder de 1 a 4 centímetros (cm) por ano.

Em Maceió, o afundamento, que os geólogos chamam de subsidência, tornou-se mais visível em 2018. Em 3 de março, ao voltar para seu apartamento, na capital alagoana, a economista Natallya Levino, da Universidade Federal de Alagoas (Ufal), soube pelo marido que o lustre da sala tinha tremido. Como eles, outros moradores do bairro de Pinheiro viram rachaduras se abrirem em suas casas e pelas ruas.

No mesmo dia, sismógrafos da Rede Sismográfica Brasileira, operados pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), registraram na região um raro tremor de terra de 2,4 graus de magnitude. O geofísico Anderson Farias do Nascimento, da UFRN, acompanhou a situação e ficou intrigado: “Maceió não costumava ter atividade sísmica tão intensa nem os efeitos relatados pelos moradores eram para ser tão fortes”.

Em maio de 2019, um relatório técnico do Serviço Geológico do Brasil (SGB), empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, atribuiu o tremor intenso – e os menores, que vieram depois – ao desmoronamento subterrâneo ou à fusão de minas de sal-gema, matéria-prima para a fabricação de soda cáustica e plásticos, abertas e exploradas pela empresa petroquímica Braskem desde os anos 1970.

Com profundidade entre 800 m e 1.200 m, as minas devem ter provocado o afundamento do solo, concluiu o SGB com base em análises feitas alguns meses após o abalo, entre junho de 2018 e abril de 2019. Os resultados obrigaram a Braskem a interromper a exploração das minas e a preencher com areia ou cimento as que estivessem colapsando. Mas a terra continuou afundando.

“O que está acontecendo em Maceió é o que chamamos de sismicidade induzida, causada por ação humana, a exemplo da mineração”, diz Nascimento, que participou da análise dos tremores em um projeto de pesquisa feito com a equipe do SGB. “O sinal captado pelos equipamentos

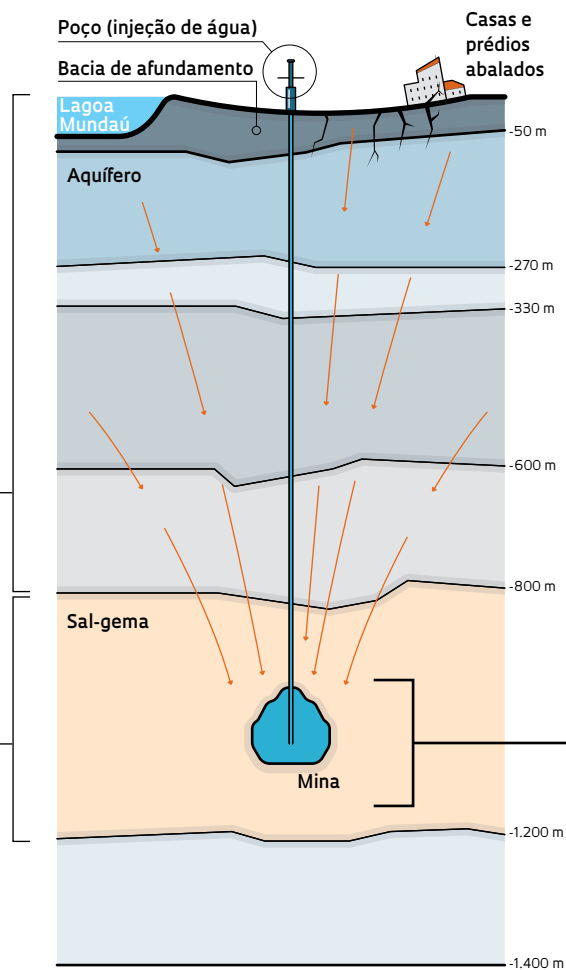


COMO A TERRA PODE AFUNDAR

Rochas se deslocam para as cavidades abertas pelas minas

2 O equilíbrio entre as camadas de rochas acima das minas se altera

1 A extração de sal-gema forma cavidades em camadas entre 800 m e 1.200 m abaixo da superfície



é diferente dos tremores de causa natural e indica uma energia liberada por desabamentos e colapsos de solo.”

Hartwig acrescenta que as cavidades causam o chamado desequilíbrio de tensões, que gera deformações nas camadas acima delas. Esse efeito pode atingir a superfície e causar rachaduras em ruas e prédios (ver infográfico acima). “Os deslocamentos do terreno se iniciam de modo sutil e aproximadamente linear e evoluem para movimentações aceleradas e irregulares”, comenta.

Ainda é incerto o papel de duas extensas falhas geológicas – ruptura de um bloco de rocha – paralelas à lagoa Mundaú. Os relatórios técnicos do SGB consideram que elas poderiam ter sido reativadas, contribuindo para a movimentação do solo, mas Hartwig e seu grupo descartaram a influência das falhas. Nascimento, porém, não desconsidera essa possibilidade: “Mesmo pequenas, as falhas podem ser o caminho para a água se infiltrar e causar a expansão e o colapso de algumas minas”.

SEM DIÁLOGO

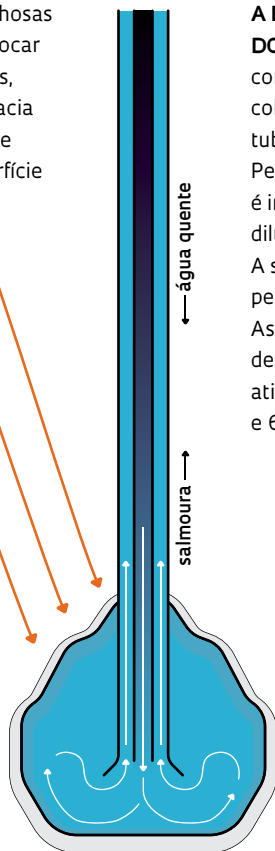
Os pesquisadores têm ajudado a entender e a enfrentar esses problemas. “Os moradores dos bairros vizinhos da lagoa começaram a me cha-

mar ainda em 2010 para ver rachaduras em algumas casas”, conta o engenheiro civil Abel Galindo Marques, professor aposentado da Ufal, especialista em fundações de edifícios e um dos autores do livro *Rasgando a cortina de silêncios: O lado B da exploração do sal-gema de Maceió* (Instituto Alagoas, 2022).

Ele conta que, pouco depois do tremor de 2018, participou de uma reunião no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Alagoas (Crea). “Quatro pessoas disseram que o tremor e as rachaduras não tinham nada a ver com as minas, que eu via como a causa desde 2017.” Hartwig diz que, em 2022, pediu à Defesa Civil de Maceió acesso a dados de campo, que permitiriam análises mais consistentes. Como contrapartida, ofereceu um relatório e um treinamento para a equipe sobre interpretação de dados de satélite para monitoramento de deslocamentos de superfície. “Recebi apenas uma resposta genérica e a conversa não avançou”, lamenta.

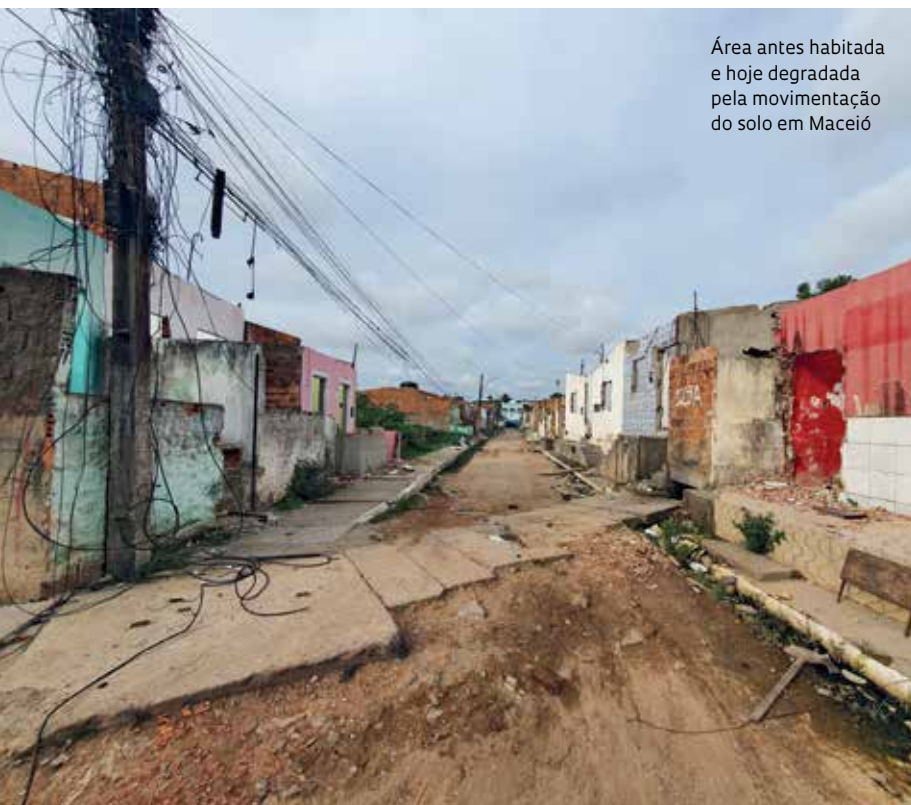
No livro *A cidade engolida* (Pedro & João Editores, 2023), Levino e a engenheira Marcelle Elisa

3 As massas rochosas tendem a se deslocar para as cavidades, formando uma bacia de afundamento e crateras na superfície



A EXTRAÇÃO DO SAL-GEMA consiste em uma coluna com dois tubos concêntricos. Pelo tubo interno é injetada água, que dilui a camada de sal. A salmoura sobe pelo tubo externo. As minas geradas dessa forma podem atingir 80 m de altura e 60 m de diâmetro

FONTES: MARCOS HARTWIG (UFPE) / ANDERSON NASCIMENTO (UFRN)



Área antes habitada e hoje degradada pela movimentação do solo em Maceió

Fontana, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), reiteram: “A ausência de dados oficiais que possam nortear pesquisas e discussões tem limitado estudos mais aprofundados”. Depois dos tremores mais intensos, Levino, com colegas da Ufal e de outras universidades, criou um grupo no WhatsApp e mantém um site com estudos, vídeos e outros materiais sobre o afundamento dos bairros, além do canal no YouTube “Relatos de uma tragédia”. Ela também guarda uma frustração: “Nunca consegui nenhuma entrevista com a Braskem”. Procurados por *Pesquisa FAPESP*, o SGB informou que nenhum pesquisador poderia dar entrevista sobre o assunto e a Braskem não retornou.

A desocupação das casas dos bairros que estão afundando obrigou milhares de pessoas a mudar suas vidas, ainda que tenham recebido ou estejam negociando uma indenização da Braskem – alguns precisaram se instalar em lugares distantes de onde viviam ou morar em cidades próximas, em busca de aluguéis mais baixos. A situação também implicou o fechamento de lojas, até mesmo em bairros vizinhos, a desativação de 10 linhas de ônibus e a paralisação da construção de uma linha de veículo leve sobre trilhos (VLT), de acordo com um artigo do grupo da Ufal, com pesquisadores de Pernambuco (UFPE) e de Brasília (UnB), publicado em setembro de 2023 na revista *Logistics*.

“Podem ocorrer outros tremores até a área se estabilizar”, prevê Hartwig. Sua previsão se apoia nos estudos descritos na década de 1940 pela geóloga norte-americana Ruth Doggett Terzaghi (1903-1992), que descreveu cinco estágios do afundamento do solo induzido por minas de exploração de sal como as de Maceió.

Os dois primeiros consistem em movimentos lentos e imperceptíveis, que podem durar décadas ou séculos. O terceiro dura alguns anos e forma depressões superficiais. O quarto compreende o colapso do solo e, em horas ou dias, a formação de crateras, que podem ser parcialmente preenchidas por água.

“Até novembro, estávamos no estágio 3, com um afundamento sutil e progressivo. Entramos no quarto estágio, quando os deslocamentos aceleraram muito e levaram à abertura de cavidades em superfície invadidas por água”, observa Hartwig. O último estágio seria marcado por movimentos do subsolo amenos e irregulares de acomodação. ■

Os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

ACORDO HISTÓRICO E DECEPCIONANTE

Conferência reconhece, finalmente, o peso dos combustíveis fósseis no aquecimento global, mas não acena com seu banimento

Marcos Pivetta

“**T**ransitar dos combustíveis fósseis nos sistemas energéticos de uma forma justa, ordenada e equitativa, acelerando a ação nesta década crítica, de modo a atingir emissões líquidas zero até 2050, de acordo com a ciência.” Fruto de incontáveis negociações, esse enunciado é a principal deliberação assumida por quase 200 países, inclusive o Brasil, que participaram da mais recente Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, a COP 28. O acordo foi anunciado em 13 de dezembro em Dubai, nos Emirados Árabes Unidos, um dos 10 maiores produtores de petróleo do mundo, onde a reunião ocorreu por duas semanas.

Atingir emissões líquidas zero até 2050 não significa que os países concordaram em banir o uso de petróleo, gás e carvão até a metade deste século. Indica apenas uma declaração de princípios de que as nações devem, nos próximos 30 anos, diminuir ao máximo a liberação de gases de efeito estufa, que aumentam o aquecimento global, decorrentes de atividades humanas.

Nos casos em que a redução não for possível ou, diriam os mais céticos, de-



Manifestantes na COP 28 pedem o fim do uso de combustíveis fósseis

sejável, os países devem adotar mecanismos que compensem – retirem da atmosfera – a mesma quantidade de gás produzido. Como as tecnologias de compensação são controversas, e não há evidência científica de que sejam seguras ou úteis em larga escala, o conceito de emissões líquidas zero pode ser uma quimera.

“Apesar de não termos virado a página da era dos combustíveis fósseis em Dubai, esse resultado é o começo do fim”, disse Simon Stiel, secretário-executivo do órgão das Nações Unidas que cuida do tema mudanças climáticas (UNFCCC), em seu discurso ao final da conferência. “Agora todos os governos e negócios precisam transformar esses pleitos em resultados da economia real sem demora.”

Foi a primeira vez que um acordo da COP cita explicitamente os combustíveis fósseis como os principais causadores da crise climática e a necessidade de diminuir seu consumo gradativamente, dando início a uma transição rumo a fontes mais limpas de energia, como a eólica e a solar.

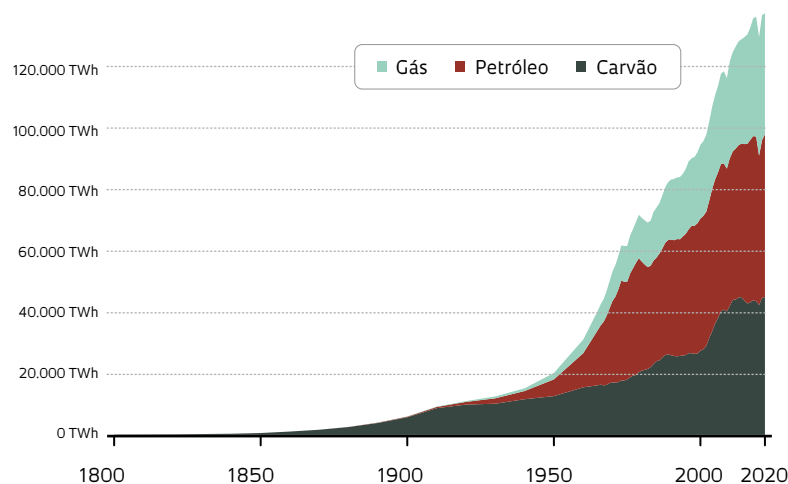
Cautelosamente a favor de alguma mudança no padrão de emissões de gases de efeito estufa, a proposta acordada na conferência é bastante vaga em termos de metas e prazos e modesta no financiamento de uma jornada rumo a um padrão mais sustentável e limpo no consumo de energia.

O texto final da COP 28 fala que, até 2030, os países se comprometem a triplicar o uso de energia renovável e duplicar sua eficiência energética. Um fundo internacional para mitigar os impactos das mudanças climáticas, sobretudo em países pobres, foi criado. Mas seu valor, por ora de US\$ 700 milhões, representa menos de 1% do montante necessário anualmente para dar conta dessa tarefa.

As reações aos termos e conteúdo do documento final da COP 28 oscilaram basicamente entre dois extremos, com algum espaço para posições intermediárias. Houve euforia de alguns de seus signatários, que o consideraram um avanço histórico. Membros da sociedade civil, incluindo entidades ambientalistas e muitos cientistas, classificaram o documento como decepcionante. Esperavam que a conferência assumisse o compromisso de banir com urgência o uso de combustíveis fósseis, em vez de acenar com a promoção de uma genérica transição.

CONSUMO GLOBAL DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

Medido em terawatts/hora (TWh)



FONTES: OUR WORLD IN DATA / ENERGY INSTITUTE – STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY (2023) / SMIL (2017)

“Essa anunciada transição é exatamente o que a maioria dos países já está fazendo há mais de 20 anos, com a implementação da geração de energia solar e eólica, a eletrificação do setor de transporte, entre outras medidas”, diz Paulo Artaxo, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF-USP), um dos coordenadores do Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (PFPMCG), que participou do encontro em Dubai. “Recomendar fazer algo que já está sendo feito não pode ser caracterizado como progresso ou avanço.”

A participação das energias renováveis na matriz energética do planeta aumentou nas últimas décadas. Mas o consumo de combustíveis fósseis, que responde por cerca de 75% das emissões de gases de efeito estufa, subiu em termos absolutos ano após ano. A única exceção marcante a essa tendência foi durante o auge da pandemia de Covid-19 (ver gráfico nesta página).

Para Gilberto Januzzi, do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético da Universidade Estadual de Campinas (Nipe-Unicamp), a avaliação dos resultados da COP 28 precisa ser vista sob dois ângulos. Um é o da ratificação das informações científicas sobre o papel da queima dos combustíveis fósseis no aumento do aquecimento global. O

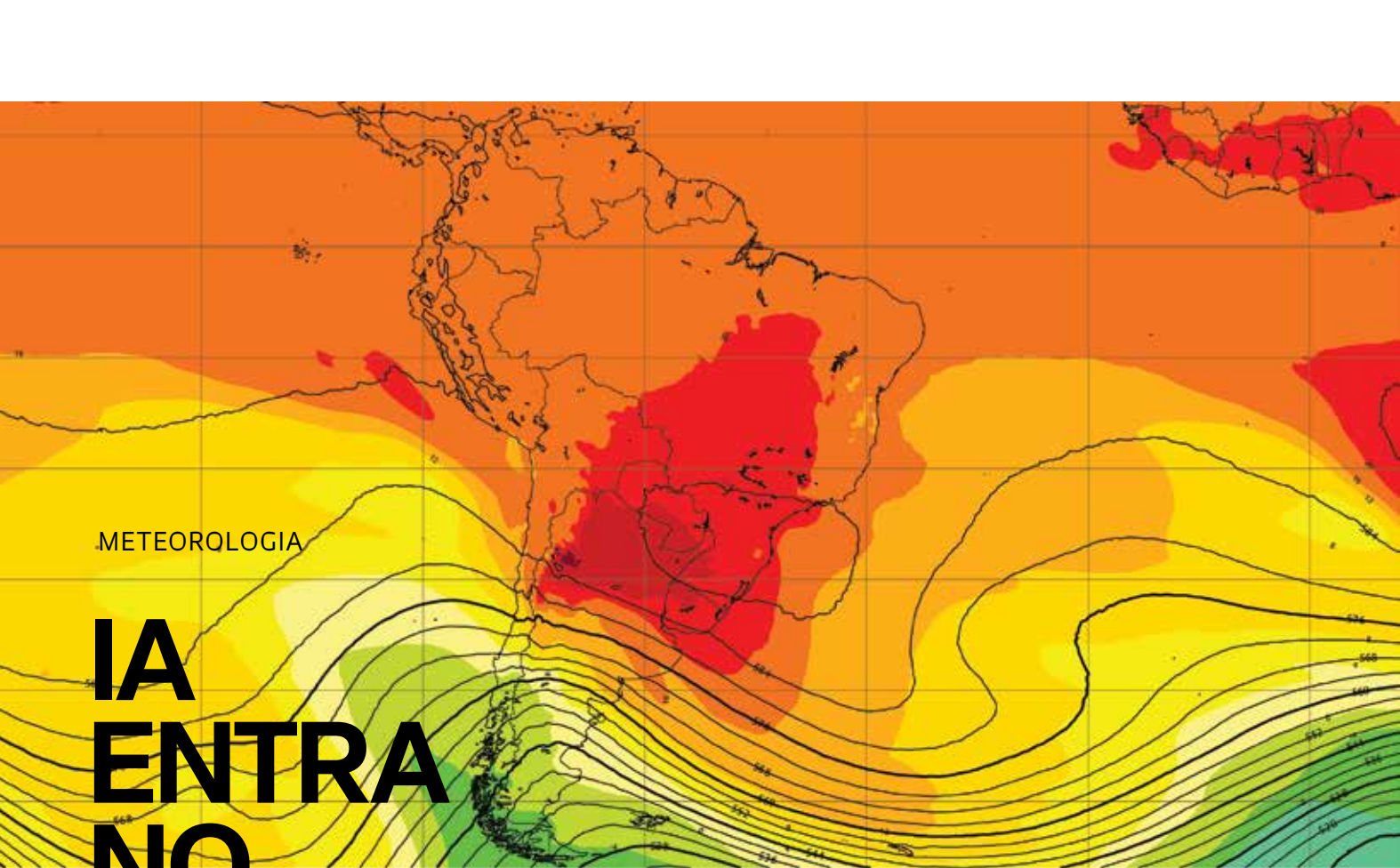
outro é o do estabelecimento de metas e políticas concretas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

“Na primeira parte, houve um progresso, dado o histórico das negociações diplomáticas sobre mudanças climáticas”, pondera Jannuzzi, outro coordenador do PFPMCG. “Mesmo os grandes produtores de petróleo finalmente reconheceram o papel dos combustíveis fósseis no aquecimento global. Espero que esse debate científico esteja encerrado.”

Em termos práticos, ele salienta que o texto da COP 28 é tardio e insatisfatório. “Demoramos 30 anos para chegar a esse acordo”, comenta Jannuzzi. “Mas ele não é suficiente para nos colocar na rota de manter o aquecimento global em no máximo 1,5 grau Celsius (°C).”

Segundo o Acordo do Clima de Paris, o mundo deve perseguir a meta de restringir o aquecimento global nos próximos anos a menos de 2 °C, em relação aos níveis da sociedade pré-industrial (por volta de 1850). O ideal seria que a elevação da temperatura não ultrapassasse 1,5 °C, um valor considerado alto, mas que produziria problemas socioeconômicos possivelmente ainda administráveis.

O problema é que as mais recentes estimativas de órgãos das Nações Unidas colocam o mundo no caminho de um aquecimento de 2,5 °C se o padrão atual de emissões de gases de efeito estufa for mantido. Não à toa, 2023 foi, com folga, considerado o ano mais quente do planeta desde meados do século XIX. ■



METEOROLOGIA

IA ENTRA NO CLIMA

Previsão do tempo para 10 dias por aprendizado de máquina seria mais eficiente do que os modelos atuais

Renata Fontanetto

No telejornal, a previsão do tempo é anunciada num par de minutos e, no celular, lida em segundos. Essas projeções, entretanto, demoram horas para ser feitas por um supercomputador, que usa milhares de chips e consome muita energia. Um novo modelo baseado em aprendizado de máquina, desenvolvido pelo Google DeepMind, o braço de inteligência artificial (IA) do gigante da internet, quer agilizar essa tarefa e fornecer uma boa previsão meteorológica para todo o globo em menos de 1 minuto.

Segundo artigo publicado em novembro na revista *Science*, o grau de acerto das previsões do tempo para 10 dias fornecidos pelo GraphCast, o modelo do Google DeepMind, é, na maioria das vezes, superior à performance dos melhores serviços de meteorologia disponíveis.

O estudo comparou o desempenho do GraphCast com o modelo HRES, do

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), uma referência do setor. O sistema do Google fez previsões para 1.380 variáveis do clima e, em mais de 90% dos casos, teve um desempenho superior ao do HRES. Confrontado com outro modelo meteorológico baseado em aprendizado de máquina, o Pangu-Weather, desenvolvido recentemente pela empresa chinesa Huawei, o GraphCast também se saiu melhor em 99% dos casos, de acordo com o artigo.

“Nossas análises revelaram que o GraphCast pode, da mesma forma, identificar eventos severos antes que os modelos tradicionais, apesar de não ter sido treinado para essa finalidade”, disse, em material de divulgação, o cientista da computação Rémi Lam, do Google DeepMind, autor principal do estudo.

O novo sistema de previsão meteorológica roda em nuvem, em máquinas que usam um chip desenvolvido pelo

Google especificamente para tarefas que envolvam IA, o TPU v4. Diferentemente do HRES e de outros serviços tradicionais, que adotam a Previsão Numérica do Tempo, também chamada de modelo determinístico, o GraphCast usa IA para produzir suas projeções.

Na previsão numérica, são empregadas equações matemáticas complexas baseadas na física atmosférica para antever se, por exemplo, vai chover ou fazer sol durante a semana. O modelo do Google utiliza uma variante específica das técnicas de aprendizado de máquina conhecida como Redes Neurais de Grafos. Essa abordagem é útil para dados espacialmente distribuídos que mantêm relação entre si. Por esse enfoque, é como se a atmosfera da Terra tivesse sido envolta em uma malha retangular repleta de nós e arestas interligadas.

No aprendizado de máquina, um algoritmo analisa informações do passado a fim de estabelecer padrões e se tornar apto a fazer um prognóstico. O GraphCast foi treinado a partir de um banco de dados do ECMWF, que reúne uma série histórica com estatísticas sobre a atmosfera, os oceanos e a superfície da Terra. Informações meteorológicas de 1979 a 2017 foram usadas especificamente para ensinar o modelo do Google a fazer previsões.

Para funcionar, o modelo baseado em IA precisa apenas de dois conjuntos iniciais de parâmetros: as condições meteorológicas atuais e as de seis horas atrás da Terra ao redor do mundo. Ele, então, prevê o tempo para daqui a seis horas. A partir desse resultado inicial,

faz novas projeções sucessivas para as próximas seis horas até completar um período de 10 dias.

A área mínima do globo para a qual o GraphCast consegue fazer uma previsão específica equivale a um quadrado com 28 quilômetros (km) de lado. O HRES entrega projeções de 10 dias para uma extensão de terra com menos da metade dessa dimensão. Ainda assim, segundo o artigo, o GraphCast se sai melhor mesmo tendo menor resolução espacial que o HRES.

Nessas camadas, o modelo do Google foi mais eficiente em prever o tempo em quase 100% das análises. “Fizemos também um teste adicionando dados meteorológicos correspondentes a anos mais recentes e vimos que, quanto mais próximas da data atual, as previsões são de melhor qualidade”, afirma a matemática brasileira Meire Fortunato, do Google DeepMind, uma das autoras do artigo.

“É possível treinar o modelo para que ele possa rapidamente se adaptar às condições recentes de clima. A arquitetura atual ainda não incorporou essa funcionalidade, mas não é um avanço distante”, comenta Fortunato. Um possível viés da previsão feita por IA, reconhece a brasileira, é a possibilidade de o modelo funcionar melhor em localidades onde há mais dados atmosféricos disponíveis.

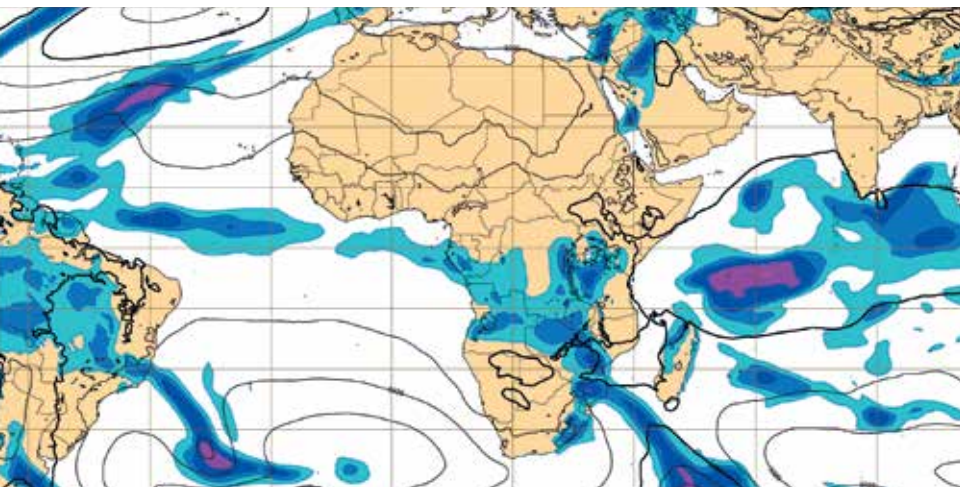
Para o meteorologista Luiz Augusto Machado, da Universidade de São Paulo (USP) e que não participou do estudo, a principal vantagem do GraphCast é o

baixo custo. Enquanto para rodar HRES é preciso grande capacidade computacional, o GraphCast consegue gerar a previsão a partir de um serviço em nuvem barato. A hora de trabalho de um chip TPU v4 custa cerca de US\$ 5. “No período de 7 a 10 dias, quando a qualidade do modelo determinístico começa a cair, acredito que o GraphCast possa dar respostas melhores”, diz Machado.

O artigo ainda sugere que o GraphCast foi mais preciso que o sistema europeu ao inferir variáveis relacionadas a ondas sazonais de calor ou frio. O meteorologista da USP faz ressalvas a essa propaganda habilidade e à possibilidade de o modelo prever condições repentinas, como a ocorrência de chuvas intensas. “Com as mudanças climáticas, a norma climatológica está mudando”, comenta Machado. “Se a IA é treinada com dados do passado, acredito que teria dificuldades de prever essas alterações.”

Para o cientista da computação Rafael Santos, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), a proposta do Google DeepMind é interessante, mas apresenta limitações. Embora o código do sistema seja aberto e possa ser usado por qualquer pessoa ou entidade, o GraphCast depende da computação em nuvem e de uma arquitetura de hardware proprietária da empresa para rodar. “Essa é uma característica do modelo de negócios da empresa. O GraphCast não é exatamente reproduzível no supercomputador do Inpe”, pondera Santos.

A equipe do Google DeepMind avalia que a tecnologia pode ser uma ferramenta complementar ao modelo determinístico. No site do ECMWF, podem ser consultadas previsões experimentais do tempo feitas por vários modelos meteorológicos baseados em IA, como o GraphCast, o Pangu-Weather e o AIFS, do próprio centro europeu. Um detalhe importante, no entanto, é lembrado por Machado: todos os grandes centros meteorológicos de referência ficam no hemisfério Norte, onde as equações que abastecem seus modelos foram desenvolvidas. “A região tropical tem uma qualidade de previsão meteorológica pior do que as localidades do Norte. O Brasil deveria se concentrar em minorar essa questão”, recomenda o meteorologista da USP. ■



Telas do modelo GraphCast com previsões de chuvas para a África (acima) e de temperatura para a América do Sul (na outra página)

O artigo consultado para esta reportagem está listado na versão on-line

CAATINGA ENCOLHE

Agropecuária transformou 89% da vegetação nativa típica do Nordeste

Carlos Fioravanti

Desmatamento e queimada eliminam a vegetação nativa e facilitam a ocupação humana

A expansão da agricultura, da pecuária e do desmatamento tem causado mudanças drásticas na Caatinga. As áreas agrícolas e pastagens abandonadas ou em uso cobrem 89% desse bioma, único inteiramente brasileiro, que se espalha por 10 estados do Nordeste e Sudeste. Restam apenas 11% da área coberta pela vegetação típica do Nordeste, em comparação com a que deve ter existido, sob as mesmas condições de clima e solo, antes da ocupação humana, de acordo com análises de biólogos das universidades federais da Paraíba (UFPB) e de Pernambuco (UFPE) publicadas em outubro na revista *Scientific Reports*.

“A Caatinga resiste ao clima e a temperaturas mais altas, mas não à mão do homem”, observa o biólogo da UFPB Helder Araujo, principal autor do estudo. Com

seus colegas, ele refez a área de florestas e de vegetação arbustiva da Caatinga por meio de um método chamado modelagem de distribuição potencial de espécies, com indicadores como aves de florestas atuais e mamíferos herbívoros que viveram no atual Nordeste há milhares de anos.

Em seguida, os pesquisadores acrescentaram informações sobre a cobertura vegetal atual da Caatinga, publicadas pela organização não governamental MapBiomias, o clima, da plataforma WorldClim, e as modificações humanas na região apresentadas na revista *Scientific Data* em agosto de 2016. A análise das transformações em 12.976 hexágonos com 5 quilômetros quadrados (km²) cada um evidenciou as áreas que permaneceram cobertas por floresta e as que foram ocupadas por uma vegetação de menor porte. “A maior parte da área potencialmente ocupada por floresta hoje é tomada por arbustos”, observa Araujo.

De acordo com esse estudo, a área que deve ter sido ocupada por florestas, de 731.211 km², correspondentes a 84,6% da área total do bioma, caiu para 31.793 km², ou 4% do total (*ver mapa*). A vegetação arbustiva avançou 390% sobre as matas fechadas e mais densas.

“Outros estudos consideram as áreas modificadas como vegetação nativa, que de fato é, pois são plantas da região, mas com algum grau de degradação ambiental, porque foram ou são tomadas por uma vegetação modificada ou pela agropecuária”, comenta Araujo. “A vegetação secundária não consegue voltar a ser floresta novamente, mesmo depois de décadas.” Além disso, acentua o pesquisador, por causa da maior exposição ao Sol, haverá menos água no solo quanto menor for a cobertura vegetal.

Com metodologias diferentes, o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima calculou que restam 53% da



2

Caatinga e a organização não governamental MapBiomas estimou em 47%. Em seu mapeamento mais recente, de 2022, o MapBiomas registrou a expansão da agropecuária, iniciada no século XVI e atualmente responsável por 35% da área da Caatinga. É o mesmo valor do levantamento publicado na *Scientific Reports*, que registra também 1,6% da área sem vegetação, ocupada por cidades ou áreas em processo de desertificação.

“Com imagens de satélite conseguimos mapear com precisão as áreas de uso por agricultura, que têm contornos bem definidos, mas as áreas de uso por pasta-

gens podem ser confundidas com áreas naturais não florestadas, a Caatinga herbácea”, informa o coordenador do MapBiomas Caatinga, o geólogo Washington Rocha, da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). “O método atualmente utilizado mapeia bem as áreas de Caatinga florestada e arbóreo-arbustiva, mas não permite distinguir com precisão áreas naturais daquelas com vegetação regenerada ou restaurada.”

Os ecólogos Marcelo Tabarelli, que trabalhou com Araujo, e Inara Leal, ambos da UFPE, identificaram um dos efeitos da derrubada das matas nativas para

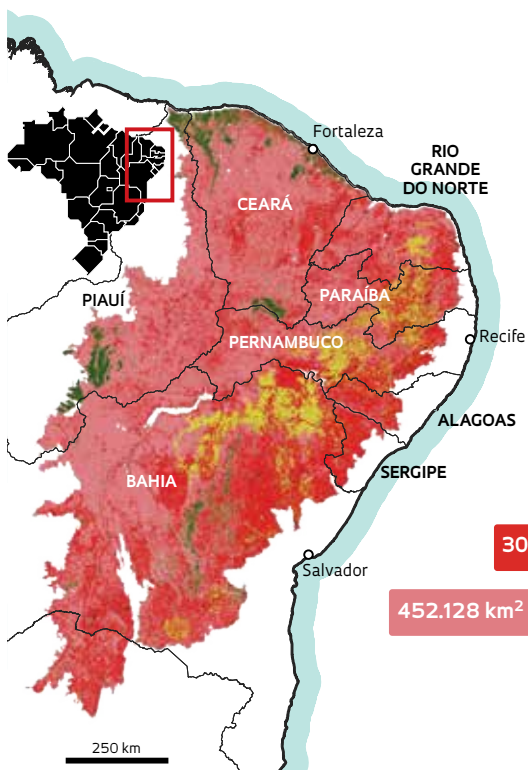
cultivo ou pastagem: o aumento no número de ninhos de saúva, que chegam a até 3 metros (m) de profundidade, retardam o crescimento da vegetação quando a área é abandonada.

RESTAURAÇÃO

Araujo, Tabarelli e pesquisadores de outras instituições examinam as possibilidades de recuperação da vegetação nativa. Outros estudos do grupo, publicados na *Land Use Policy e Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, indicaram que a perda de água do solo, comum em áreas degradadas, poderia ser evitada quando as matas nativas ocupassem 50% da propriedade rural. De acordo com esses trabalhos, áreas com mais vegetação nativa que os 20% obrigatórios por lei são mais produtivas, principalmente durante os anos de estiagem.

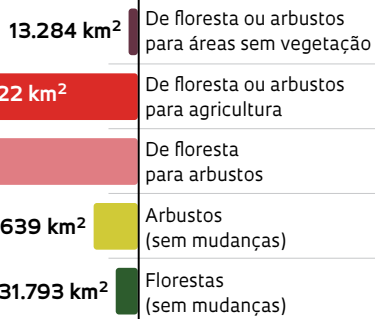
Experimentos em campo conduzidos pela ecóloga Gislene Ganade, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, acenam com caminhos promissores ao registrar uma sobrevivência acima de 80% de mudas cultivadas em viveiros de plantas e levadas para o campo quando as raízes atingem 1 m de comprimento.

“A restauração e a agropecuária bem-feita poderiam reverter o cenário de degradação e pobreza que atualmente marca a Caatinga”, conclui Araujo. Em 2020, o programa Nexus Caatinga, que ele coordena, publicou um livreto, com sugestões de técnicas para a conservação de água, como a rotação de culturas e a integração entre lavoura e pecuária. ■



AS TRANSFORMAÇÕES DA CAATINGA

Vegetação arbustiva predomina na área que deve ter sido ocupada por florestas



FONTE ARAUJO, H. F. P. ET AL. SCIENTIFIC REPORTS. 2023

Os artigos científicos e os livros consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

O CÉREBRO DO BEBÊ NA GESTAÇÃO

Grupo internacional registrou a evolução ideal do órgão a partir da 14ª semana de desenvolvimento no útero

Giselle Soares

Imagens de ultrassom de alta resolução de 899 bebês permitiram a um grupo internacional de pesquisadores mapear com precisão o desenvolvimento do cérebro e de outras porções do encéfalo de crianças saudáveis no útero materno. Reunido em um atlas digital disponível na internet, o resultado desse trabalho deve servir como referência do que seria a evolução esperada e desejável do cérebro durante a gestação. Ele também deve ajudar os médicos a identificar precocemente lesões ou problemas de amadurecimento neurológico que podem levar a prejuízos futuros. O estudo foi realizado sob a coordenação do obstetra José Villar e do especialista em reprodução humana Stephen Kennedy, ambos da Universidade de Oxford, no Reino Unido, com a participação de pesquisadores brasileiros, e publicado em outubro na revista *Nature*.

Para chegar aos parâmetros do que parece ser o desenvolvimento ótimo do encéfalo humano no ventre materno, quase 200 pesquisadores acompanharam de 2009 a 2016 a gestação de 899 mulheres em oito países – entre eles o Brasil – das Américas, da Europa, da Ásia e da África. Os especialistas realizaram

exames de ultrassom tridimensional do feto periodicamente, da 14ª semana de gravidez até próximo ao parto, usando sempre o mesmo tipo de equipamento e procedimentos padronizados, o que permitiu reconstruir a evolução do encéfalo semana a semana. Todas as mães tinham boa saúde e apresentavam o nível educacional mais elevado de suas comunidades. Nenhuma fumava nem tinha doenças que pudessem comprometer o desenvolvimento do bebê.

A razão para a escolha desse grupo é que as mulheres com mais anos de estudo costumam cuidar melhor da própria saúde e correm menos risco de apresentar problemas na gestação. E só o acompanhamento dos fetos gestados nas melhores condições permite conhecer o que seria a evolução supostamente ideal das estruturas do cérebro e das outras partes do encéfalo.

“Nosso atlas preenche uma lacuna de conhecimento de seis semanas na compreensão de como o cérebro amadurece no início da vida fetal”, afirmou Ana Namburete, pesquisadora da Universidade de Oxford e primeira autora do estudo, em um comunicado à imprensa. “Também revelamos assimetrias significativas na maturação cerebral,

como na região associada ao desenvolvimento da linguagem, que atingiram o pico entre 20 e 26 semanas de gestação e persistiram sem diferenças entre os sexos”, contou.

Medir as estruturas encefálicas do feto não é simples. Da 14ª à 31ª semana de gestação, o período detalhado no atlas atual, o volume total do encéfalo cresce 13 vezes, passando de 24 milímetros cúbicos (mm³) para 318 mm³. Nessa fase, ocorre a proliferação intensa de células e o estabelecimento de conexões entre elas, além da migração de grupos celulares para regiões específicas, que comporão núcleos de controle de diferentes funções. “Nesse período podem acontecer erros de proliferação neuronal capazes de levar a consequências clínicas”, explica a neurocientista Andrea Jackowski, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), que estuda o desenvolvimento cerebral, mas não participou desse estudo. “São momentos em que o cérebro está mais vulnerável à influência de fatores ambientais e qualquer forma de agressão pode causar repercussão para a criança mais tarde. Mas essa etapa também pode funcionar como janela de oportunidade para intervir e solucionar problemas”, conta.

ASSIMETRIAS

Outro fator que dificulta realizar as medições é que nesse período os hemisférios direito e esquerdo estão começando a se tornar assimétricos, com algumas regiões ganhando mais volume em um do que no outro. Isso significa que é no útero que o encéfalo assume a configuração que terá pelo resto da vida, ainda que não esteja completamente maduro e passe por mudanças mais adiante. “É uma fase fundamental da maturação, na qual, após a formação inicial, ocorrem os processos de especialização e desenvolvimento regional das estruturas cerebrais. Ela cria o alicerce para que os bebês, ao nascerem, estejam prontos para os primeiros atos no desenvolvimento cognitivo”, conta o psiquiatra Pedro Pan, também da Unifesp, que não colaborou com o trabalho da *Nature*.

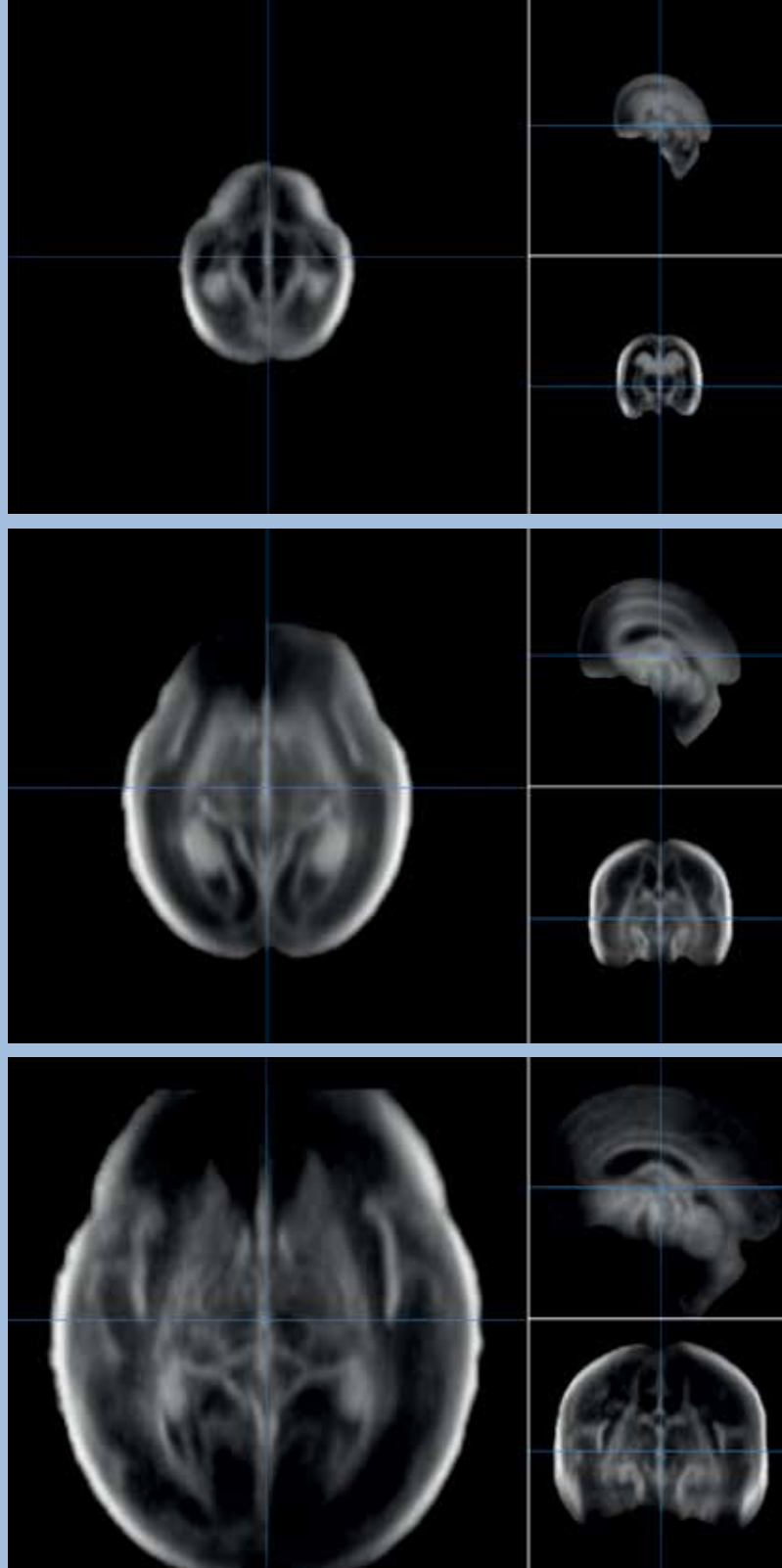


Imagem das estruturas internas do cérebro vistas do alto (à esq.), da lateral (à dir., superior) e de frente (à dir., inferior) na 14ª, 21ª e 30ª semana de gestação

A essas transformações soma-se o fato de que o feto se movimenta bastante no útero, o que complica a obtenção das imagens, que no estudo atual foram aprimoradas com o auxílio de inteligência artificial. “Os autores tiveram de usar técnicas de aprendizagem de máquina e redes neurais profundas, além de métodos complexos de processamento

de imagem, para conseguir construir o atlas”, conta o estatístico e neurocientista João Ricardo Sato, da Universidade Federal do ABC (UFABC), que avaliou o estudo a pedido de *Pesquisa FAPESP*.

Vários grupos já haviam registrado o desenvolvimento cerebral de fetos humanos, mas retrataram um período mais tardio (a partir da 19ª semana de gesta-

ção) e foram feitos com menos participantes (de 12 a 197) – quase sempre atendidos em um único centro e não acompanhados depois do nascimento.

O trabalho publicado na *Nature* incluiu gestantes de diferentes etnias e acompanhou as crianças até o segundo ano de vida. Ele é parte do Consórcio Internacional sobre Crescimento Fetal e de Recém-nascidos para o Século XXI (Intergrowth-21st), que acompanhou quase 20,5 mil crianças da gestação aos primeiros anos de vida e permitiu produzir as curvas de crescimento da vida intrauterina aos 2 anos (ver Pesquisa FAPESP nº 225).

“Esse é o maior estudo, até onde sabemos, que descreve o desenvolvimento normativo inicial do cérebro humano”, escreveram os autores do artigo da *Nature*. “Nossas reconstruções do cérebro fetal fornecem a primeira representação *in vivo* de todo o segundo trimestre [da gravidez]”, afirmaram.

“O material fornece um padrão de normalidade do crescimento cerebral do feto, o que é importante para o diagnóstico de problemas neurológicos nessa fase da vida”, explica o pediatra e epidemiologista Fernando Barros, da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), coautor do estudo da *Nature* e coordenador da participação brasileira no Intergrowth-21st, que colaborou com imagens de 86 fetos para o estudo. “O atlas pode se tornar uma ferramenta valiosa para os profissionais da saúde, auxiliando na tomada de decisões clínicas e no acompanhamento pré-natal, além de ser útil para o ensino”, afirma.

“Os exames de ultrassom realizados habitualmente permitem identificar problemas a partir da 22ª semana de gestação. Com o padrão de desenvolvimento apresentado no atlas, talvez se torne possível detectar alterações mais cedo”, conclui a obstetra especialista em cirurgia fetal Denise Lapa, do Hospital Israelita Albert Einstein, em São Paulo. ■

O artigo científico consultado para esta reportagem está listado na versão on-line.

INFECÇÃO TURBINADA

Leishmaniose cutânea pode ser agravada pela coinfeção de vírus e bactérias

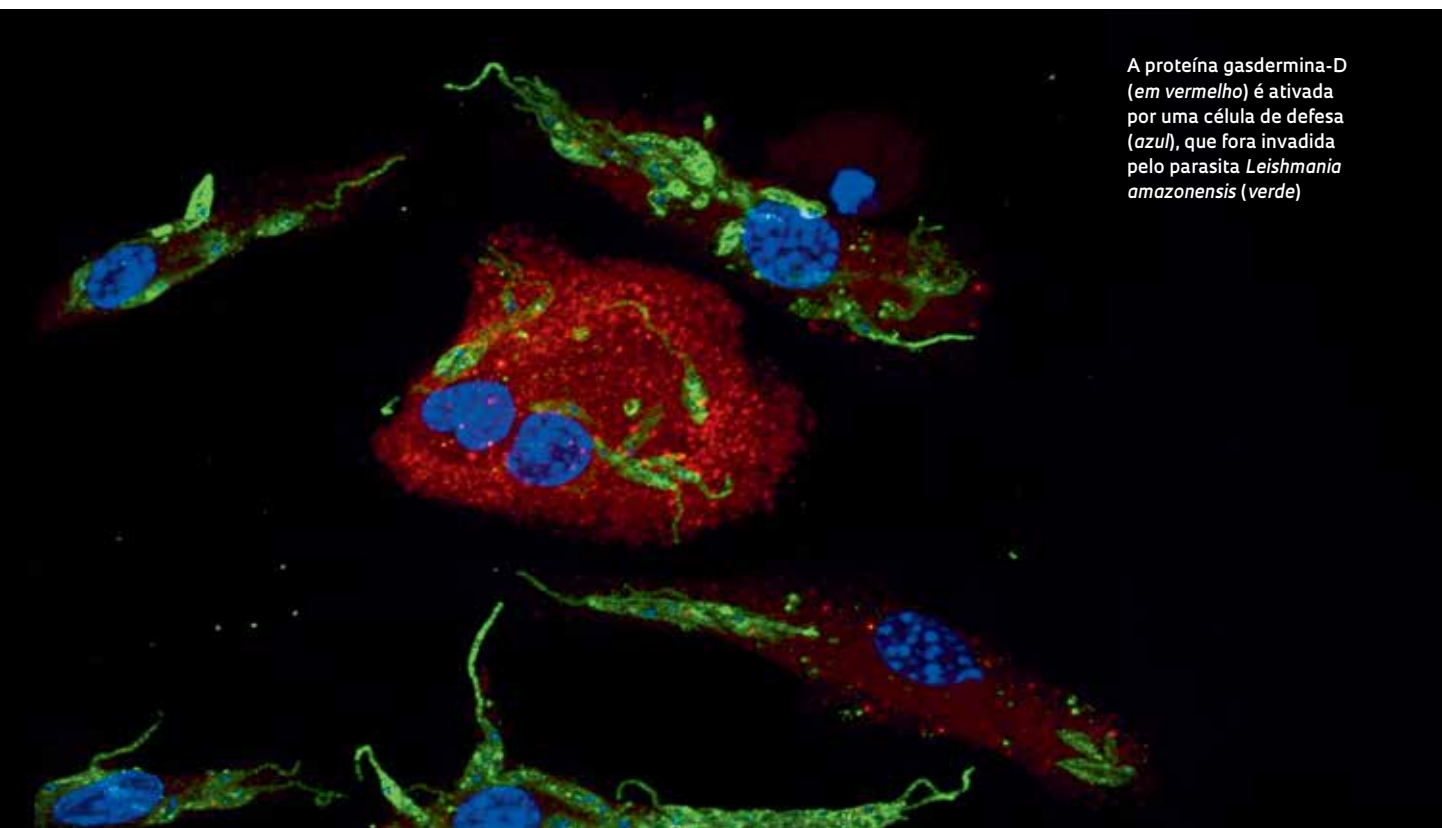
Felipe Floresti

Infecções por vírus e bactérias podem tornar mais severas as lesões de pele e nas mucosas ocasionadas pela leishmaniose cutânea, doença causada por protozoário (parasita com apenas uma célula) do gênero *Leishmania*. A presença desses patógenos no organismo aumentaria o nível da inflamação provocada pelo parasita e tornaria mais difícil seu controle pelo sistema imunológico do paciente.

Estudos coordenados por pesquisadores brasileiros em anos recentes apontam nessa direção e tentam entender os mecanismos usados pelo protozoário para se proliferar no corpo humano e desenvolver lesões que, se não tratadas, podem deixar os doentes desfigurados.

Segundo o Ministério da Saúde, houve 12 mortes associadas à leishmaniose cutânea e cerca de 13 mil casos confirmados da doença no país em 2022. Mais de 70% das ocorrências foram registradas nas regiões Norte e Nordeste. A leishmaniose cutânea é transmitida ao ser humano pela picada das fêmeas de mosquitos flebotômicos infectadas pelo protozoário.

Em artigos publicados em 2019 e 2023 na revista *Science Translational Medicine*, a imunologista brasileira Camila Farias Amorim, da Universidade da Pensilvânia, nos Estados Unidos, mostrou que, na tentativa de se defenderem do parasita, as próprias células imunes dos pacien-



A proteína gasdermina-D (em vermelho) é ativada por uma célula de defesa (azul), que foi invadida pelo parasita *Leishmania amazonensis* (verde)

tes produzem quantidades exageradas de uma citocina, a interleucina-1 beta (IL-1 β). Essa reação aumenta a ulceração da pele e atrasa o processo de cura. Citosinas são pequenas proteínas que atuam no controle do crescimento e da atividade de outras células do sistema imunológico e do sangue. Foram analisadas feridas de pacientes da vila de Corte de Pedra, no município baiano de Presidente Tancredo Neves.

Nesses trabalhos, Amorim também relatou ter encontrado colônias de *Staphylococcus aureus* na maioria das lesões amostradas. Presente comumente na pele, na qual causa infecções, essa bactéria se aproveita das feridas causadas pela leishmaniose para se multiplicar, induz a produção exagerada da IL-1 β e retarda ainda mais o processo de cura.

“Existem drogas aprovadas nos Estados Unidos que bloqueiam a ação da IL-1 β em doenças autoinflamatórias, como alguns tipos de artrite e gota”, diz a imunologista. “Poderíamos testá-las em pacientes, além de adotar terapias antibacterianas ao lado do tratamento antiparasitário.”

Para o médico Fernando Tobias Silveira, do Instituto Evandro Chagas, de Belém, trabalhos científicos sobre o papel de bactérias na gravidade das infecções pelo parasita reforçam uma prática que adota em seu consultório. “Sempre receito duas séries de medicação antiparasitária injetável de antimônio pentavalente e distribuo um medicamento tópico, uma associação de dois antibióticos, neomicina e bacitracina, para ajudar na cicatrização das feridas”, conta Silveira, que há mais de 40 anos se dedica ao tratamento de pacientes com leishmaniose.

DRIBLE NO SISTEMA IMUNE

Dois estudos recentes, coordenados pelo imunologista Dario Zamboni, da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP), destacam o tipo de agente infeccioso que faz o protozoário *Leishmania* alterar o funcionamento do inflamassoma, complexo de proteínas que dispara a resposta inflamatória. Em trabalhos publicados em 2019 na revista *Nature Communications* e em 2021 na *iScience*, o grupo do interior paulista mostra que um vírus que vive em simbiose no interior desse parasita tende a elevar os níveis da inflamação causada pela doença.

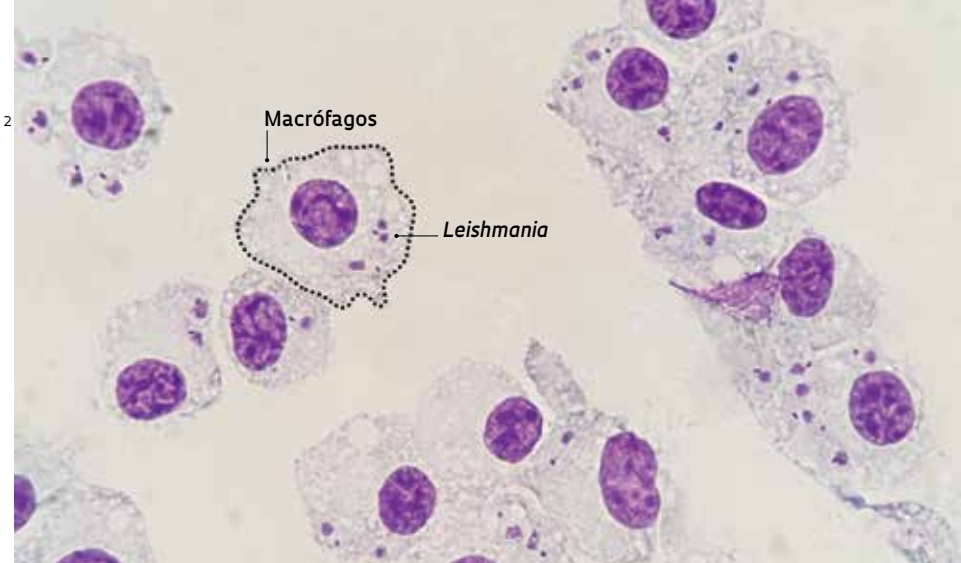


Imagem de microscopia eletrônica mostra macrófagos, um tipo de célula de defesa, infectados por parasitas do gênero *Leishmania*

Trata-se do *Leishmania RNA Virus-1* (LRV-1). Em análises de laboratório, amostras da espécie *Leishmania guyanensis*, endêmica no Norte do Brasil, apresentaram maior possibilidade de causar casos graves da doença cutânea quando contaminadas pelo LRV-1. O risco mais elevado se deveu à inibição da caspase-11, uma das enzimas envolvidas na regulação das respostas ativadas pelo inflamassoma.

“A ativação do processo inflamatório no hospedeiro é uma faca de dois gumes. Em muitos casos, ela controla a infecção e mata o parasita, como nos pacientes assintomáticos”, explica Zamboni. “Em alguns pacientes, com alguma condição que ainda não conhecemos totalmente, a inflamação piora o quadro clínico e leva ao desenvolvimento de lesões mais graves.”

Nas últimas duas décadas, vários estudos vêm demonstrando que não é apenas a carga do protozoário que influencia a gravidade da doença, mas também a forma como o organismo lida com o parasita. Em uma infecção, os macrófagos do sistema imunológico englobam o parasita e, caso este sobreviva à investida, inicia-se o processo de piroptose. Nele, o macrófago “se suicida” de forma explosiva, rompendo-se e liberando moléculas inflamatórias que vão iniciar uma nova fase na batalha imunológica.

Mas, na leishmaniose cutânea, esse mecanismo nem sempre segue o roteiro esperado. Em artigo publicado em fevereiro do ano passado na revista *Nature Communications*, a equipe de Zamboni

apresentou evidências de que parasitas do gênero *Leishmania* são capazes de modular a resposta das células de defesa, retardar a morte dos macrófagos e continuar se multiplicando por um longo período em seu hospedeiro.

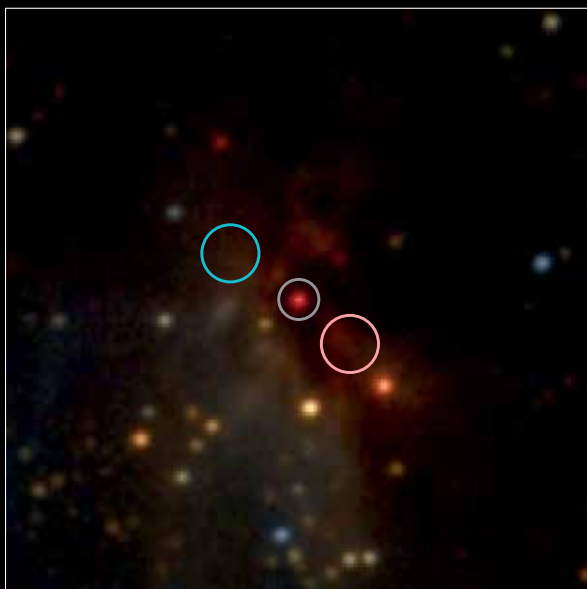
Em macrófagos humanos e camundongos em laboratório, os pesquisadores mostraram que *Leishmania* pode fazer com que uma proteína importante para o processo de piroptose dos macrófagos, a gasdermina-D, adquira uma forma estrutural diferente. A alteração recebe o nome técnico de clivagem alternativa da gasdermina-D, inativa parcialmente a proteína e impede que ela exerça suas funções inflamatórias de forma adequada.

Os macrófagos até liberam uma certa dosagem de citocinas inflamatórias, mas não o suficiente para provocar sua morte por piroptose, etapa essencial da resposta imunológica. Quando isso ocorre, os protozoários conseguem se multiplicar a ponto de romper de vez a membrana plasmática das células de defesa. Eles se dispersam pelo organismo em busca de mais macrófagos para infectarem e ludibriarem.

Seguidas derrotas dos macrófagos contribuem para que o sistema imunológico entre em parafuso, promovendo ataques a células saudáveis e uma inflamação descontrolada. “A modulação da função dos macrófagos pode fazer com que *Leishmania* se mantenha em mamíferos por anos, algumas vezes por toda a vida do indivíduo infectado”, comenta o pesquisador da FMRP-USP. ■

Os projetos e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

BRILHO SINCRONIZADO



Estrela altera sua luminosidade a cada quatro anos e acende parte da nebulosa que a circunda

Marcos Pivetta

Imagem em falsa cor mostra a estrela central (dentro do círculo cinza) que ilumina parte da nebulosa (rosa), enquanto outra região fica escurecida (azul)

Doze anos de observações em uma região obscura da constelação de Escorpião, vizinha do centro da Via Láctea, levaram à descoberta de um objeto celeste envolto em um contexto singular. Uma equipe internacional de astrônomos identificou uma jovem estrela variável, que muda de brilho ao longo do tempo, imersa em uma nebulosa, uma nuvem de gás e poeira cósmica, que também altera periodicamente sua luminosidade.

“A cada quatro anos, aproximadamente, a estrela pisca e diminui por um certo tempo o seu brilho. Uma região da nebulosa pisca em sincronia com ela, enquanto outra parte se comporta de maneira inversa”, diz o astrofísico Roberto Saito, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), autor principal de um artigo publicado em novembro no periódico *Astrophysical Journal Letters* que descreve o exótico objeto celeste. “Se a estrela se acende, essa parte se apaga e vice-versa.”

Esse padrão de variação da luminosidade foi observado durante três ciclos completos de quatro anos. O jogo de pisca e apaga da estrela e da nebulosa é atribuído a um fenômeno ondulatório denominado eco luminoso, similar ao que ocorre com a reverberação produzida pelo som. A estrela emite uma luz que, quando encontra a nebulosa, é refletida de volta e ilumina a nuvem de gás e poeira.

Devido à velocidade finita da luz e ao grande tamanho da nebulosa, suas diferentes regiões são, do ponto de vista de um observador externo, iluminadas pela estrela central em momentos distintos. A estrela emite luz em todas as direções.

Representação artística de outro WIT, o de número 8, formado por um sistema com duas estrelas



2

A parte da luz que vem diretamente para a Terra ilumina a região da nuvem mais próxima de nós. Já a luz emitida na direção oposta demora mais para chegar aqui porque tem de ir até a porção mais distante da nebulosa antes de ser refletida de volta em direção à Terra. “Quando isso ocorre, a estrela já escureceu de novo”, explica Saito.

No espaço, ecos de luz são comumente observados em novas e supernovas. A nova é a explosão brilhante produzida quando uma enorme massa de gás é transferida de uma estrela grande e relativamente fria para outra, pequena, mas muito quente, em um sistema binário. Quando estrelas gigantes chegam ao final de seu ciclo de vida e sofrem uma violenta explosão nuclear, esse jorro de luz e energia é denominado supernova. Em uma estrela variável, como a descrita no artigo, ecos de luz nunca tinham sido registrados.

Por não se parecer com nenhum tipo de estrela presente nos catálogos de objetos astronômicos, o astro da constelação de Escorpião recebeu o nome de WIT-12. As letras remetem à pergunta, em inglês, “what is this?” (o que é isso?), usada para indicar corpos celestes que não se encaixam em nenhuma classe conhecida de objetos e são agrupados em uma categoria à parte. O numeral indica que a estrela é o décimo segundo corpo celeste a ser considerado um WIT, nomenclatura adotada pelo projeto Vista Variables in the Via Lactea (VVV). Saito também participou da descoberta de outros WIT a partir de dados do VVV (*ver Pesquisa FAPESP nº 274*).

Desde 2010, essa iniciativa mapeou, em frequências do infravermelho próximo, cerca de 1 bilhão de estrelas no plano da

Via Láctea com o telescópio Vista, do Observatório Europeu do Sul (ESO), localizado em Cerro Paranal, no Chile. As observações do Vista usaram diferentes filtros de cor ao longo do tempo e possibilitaram identificar, inicialmente, a existência de uma nebulosa cujo brilho se alterava periodicamente. Em seguida, foi possível associar a mudança de luminosidade da nuvem de gás e poeira a uma fonte de brilho, também variável, situada em seu centro – provavelmente uma estrela.

OBJETO ESTELAR JOVEM

Para determinar as características desse objeto celeste, os autores do trabalho tiveram de recorrer aos serviços de outro telescópio situado no Chile. Usaram o Soar – que tem como um de seus sócios o Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA), do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) – para obter o espectro da estrela.

Esse tipo de registro decompõe a luz emitida por um astro em suas cores constituintes (diferentes comprimentos de onda) a partir dos quais se pode inferir alguns parâmetros, como sua composição química, temperatura e luminosidade intrínseca. “A análise do espectro no infravermelho próximo permitiu classificar a fonte de luz no interior da nebulosa como um objeto estelar jovem [YSO, young stellar object]”, comenta o astrofísico brasileiro Felipe Navarete, outro autor do estudo. O pesquisador trabalha em La Serena, no Chile, onde fica o Soar, para o NOIRLab, entidade que opera os telescópios associados à National Science Foundation (NSF) dos Estados Unidos.

Os dados disponíveis sugerem que se trata de uma estrela vermelha jovem. Esse tipo de corpo celeste, que está nos primórdios de sua existência, costuma ser relativamente frio, com massa não muito maior do que a do Sol, e ter sido formado há apenas alguns milhões de anos. Também é comum que um YSO ainda esteja circundado por uma nuvem de gás e poeira.

Para o astrofísico Augusto Daminieli, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), que não está envolvido nos estudos com a estrela e a nuvem de gás e poeira, os resultados apresentados no artigo são o começo, e não o fim, dos trabalhos com WIT-12. “Sabemos que se trata de uma estrela variável que emite ecos luminosos para a nebulosa que a cerca”, pondera Daminieli. “Foi preciso um investimento observacional significativo para se poder fazer essa afirmação. Ainda assim, ela é completamente insuficiente para responder à pergunta ‘o que é isso?’.”

Ele espera que o emprego de novos métodos de análise, possivelmente com ajuda da inteligência artificial, e a entrada em operação de instrumentos de observação mais potentes possam jogar uma luz sobre a natureza de estrelas fora do padrão. Até porque objetos misteriosos como os WIT devem ser registrados com mais constância à medida que novos telescópios, como o Observatório Vera Rubin, no Chile, comecem a funcionar, diz o astrofísico da USP. ■

O artigo científico consultado para esta reportagem está listado na versão on-line.

A CORRIDA PELAS CÉLULAS DE PEROVSKITA

Grupos brasileiros contribuem para o rápido avanço no conhecimento sobre classe promissora de material para a energia solar fotovoltaica

Frances Jones

Na frenética busca da ciência mundial por novos materiais para produzir energia limpa de forma mais barata e eficiente, uma estrutura cristalina tem se destacado como semicondutor e, segundo empresas do setor, está para virar a matéria-prima principal de uma nova geração de painéis solares fotovoltaicos, que transformam a luz do sol em energia elétrica. Produzidos em laboratório a partir de compostos químicos, como brometo de chumbo, iodeto de chumbo e brometo de cério, os módulos de perovskita têm elevada capacidade de converter a energia dos fótons em eletricidade. A tentativa de entender e explicar suas propriedades pouco usuais teve início em 2009, quando um artigo científico publicado no *Journal of the American Chemical Society* demonstrou o seu uso, pela primeira vez, como componente de uma célula

Módulos solares de perovskita de pequena dimensão desenvolvidos em laboratório do Instituto de Química da Unicamp

solar fotoeletroquímica. Desde então, o material tem sido objeto de estudo de inúmeros grupos de pesquisa ao redor do mundo.

O rápido avanço no conhecimento e no desenvolvimento das células de perovskita levou a uma corrida entre pesquisadores e startups para torná-las viáveis para uso comercial (ver Pesquisa FAPESP nº 260). Em menos de 15 anos, o índice de eficiência na conversão da luz solar em energia elétrica pelas células solares – que podem ser flexíveis, leves e transparentes – passou de 3,8% aos atuais 26,1%. Esses resultados foram obtidos em módulos com pequena área. A eficiência de painéis solares comerciais à base de silício, que dominam o mercado, fica entre 15% e 20%.

Uma tecnologia mais recente, que sobrepõe uma célula solar de perovskita a outra de silício, chamada de célula solar tandem, registrou em laboratório eficiência de 33,7%. O recorde foi alcançado em junho de 2023 pela Universidade de Ciência e Tecnologia Rei Abdullah (KauST), na Arábia Saudita. O Laboratório Nacional de Energia Renovável (NREL), nos Estados Unidos, mantém público e atualizado um quadro com os melhores números já atingidos e confirmados pelos diferentes centros de pesquisa do mundo ao longo dos últimos anos.

Empresas e startups chinesas, norte-americanas e europeias prometem iniciar a produção em escala de módulos solares com perovskita nos próximos meses. É o caso da britânica Oxford Photovoltaics, que foi uma spin-off da Universidade de Oxford e possui uma fábrica para produção de células do tipo tandem na Alemanha. Nos Estados Unidos, a Caelux está construindo uma planta para aumentar a sua produção de vidro fotovoltaico de perovskita, que poderá ser usado na construção de módulos solares a partir deste ano. A empresa chinesa GCL-SI apresentou em 2023 um módulo de perovskita de 320 watts com eficiência de 16%, informando que ele estava sendo fabricado em escala-piloto.

No Brasil, quem está mais próximo de um modelo comercial de células de perovskita é a Oninn, instituto privado sem fins lucrativos sediado em Belo Horizonte que até 2022 se chamava CSEM Brasil (ver Pesquisa FAPESP nº 247). Participam da iniciativa pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (Unesp) e do Centro de Inovação em Novas Energias (Cine), um Centro de Pesquisa em Engenharia (CPE) criado em 2018 por FAPESP e Shell Brasil. Muito trabalho, contudo, ainda precisa ser feito até a fabricação de uma célula nacional técnica e economicamente viável.

Com a experiência no desenvolvimento de painéis solares com tecnologias baseadas em células fotovoltaicas orgânicas, a Oninn trabalha agora no escalonamento de suas células à base de perovskita. O objetivo é aumentar o tamanho desses

dispositivos, que em laboratório têm dimensões da ordem de milímetros ou centímetros quadrados (cm²), para módulos maiores, de centenas de cm², tamanho demandado pela indústria.

“Fizemos o primeiro protótipo de painel de perovskita com 800 cm², mas nosso painel padrão, ainda em desenvolvimento, é um pouco menor, com 500 cm²”, diz o físico italiano Diego Bagnis, diretor científico da organização, que trabalha no Brasil há nove anos. “Estamos na fase de prototipagem, com as primeiras aplicações em condições reais para validar a tecnologia.” Bagnis almeja ter uma linha-piloto de fabricação instalada até 2026 e colocar o produto no mercado em 2028, inicialmente para pequenas aplicações.

A empresa não trabalha com células tandem. “Estamos nos concentrando no que é chamado de *single junction*, ou seja, células com apenas uma camada de perovskita”, afirma Bagnis. “Na Europa, até faz sentido trabalhar com a tandem, combinando perovskita e silício, pois lá a tecnologia do silício está estabelecida e há produção local dessas células. No Brasil, isso não acontece.” O material dos painéis solares usados no país é importado e os módulos à base de silício são apenas montados localmente.

Apesar dos avanços dos últimos anos e das promessas de lançamento de modelos comerciais em breve, pesquisadores brasileiros ouvidos pela reportagem afirmam que há muito a ser entendido sobre os fundamentos desse material emergente, principalmente sobre a estabilidade das células – a capacidade de se manterem íntegras por um longo período –, e como transpor a eficiência energética obtida em pequena escala, em módulos de laboratório, para uma escala maior.

“Ainda existem desafios científicos e tecnológicos que precisam de investimento, tempo e pessoal qualificado para serem superados”, diz o físico Carlos Frederico de Oliveira Graeff, da Faculdade de Ciências da Unesp, *campus* de Bauru, que trabalha com células solares de perovskita e é um dos parceiros da Oninn.

“O silício, do ponto de vista da física e da engenharia, é um material relativamente simples, com um arranjo cristalino conhecido, enquanto a perovskita tem grande complexidade física e química. É um material formado em geral por uma parte orgânica e outra inorgânica, é composto de diversos elementos e apresenta uma intensa mobilidade iônica”, afirma o especialista. Um dos projetos mais recentes de Graeff, apoiado pela FAPESP, tem como foco investigar a estabilidade dessas células solares.

O físico Gustavo Dalpian, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP), destaca

que uma série de propriedades fundamentais da estrutura cristalina do material ainda não é bem compreendida. “É bastante diferente do que se vê em outros materiais. No silício cristalino, por exemplo, os átomos tendem a ficar em posições bem definidas, mas nas perovskitas eles se movem muito. Acredita-se que esse é um dos motivos para que sejam tão instáveis.”

A instabilidade da perovskita, que faz com que ela se degrade muito mais rápido que o silício, é um dos grandes desafios a ser superado. O módulo de silício pode durar até 30 anos sem grandes perdas na eficiência, enquanto as células do novo material chegam com muito esforço a pouco mais de um ano. Inicialmente elas se degradavam em horas ou dias. Umidade, calor, oxigênio e mesmo a luz solar são capazes de causar dano.

“Uma vez que tenhamos entendido as propriedades fundamentais da estrutura desses materiais e seus defeitos, poderemos elaborar ou pensar em formas de evitar que eles se degradem tão rapidamente como ocorre hoje”, afirma Dalpian. O grupo de pesquisa que ele lidera é especializado em simulação computacional de materiais e usa ferramentas de big data e de aprendizado de máquina nesses estudos.

Recentemente o pesquisador esteve na Colômbia no âmbito de um projeto Sprint, da FAPESP, de onde falou com *Pesquisa FAPESP*. “Estamos discutindo novos projetos envolvendo perovskitas e o pessoal de duas universidades de Medellín deverá fazer parte dessa iniciativa”, conta o pesquisador, que também tem colaborações

com um grupo experimental da Universidade Federal do ABC (UFABC), instituição na qual lecionou até 2023, quando se tornou professor titular na USP.

LUZ SÍNCROTRON E PEROVSKITA

Na investigação aprofundada do material, uma equipe do Cine foi pioneira ao observá-lo com ajuda de uma das fontes de luz síncrotron do Sirius, operada pelo Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), em Campinas. O Cine é formado por pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), da USP e do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen).

“A pesquisa sobre o uso de perovskita na área de energia solar fotovoltaica foi a que mais cresceu no mundo; e fazer experimentos com a luz síncrotron permitiu nos posicionarmos em um meio supercompetitivo”, conta a química Ana Flávia Nogueira, diretora do Cine e professora do Instituto de Química da Unicamp. Desde 1996 ela trabalha com materiais fotovoltaicos emergentes e, em 2015, passou a investigar a classe das perovskitas.

A infraestrutura científica do CNPEM permitiu que os pesquisadores fizessem um mapeamento do material em escala nanométrica. “Levamos o equipamento que produz o filme de perovskita – um disco rotatório chamado de *spin-coater*, parecido com o utilizado para fazer CD – para a linha de raios X”, conta Nogueira. Foi a primeira vez que isso foi feito. Mas qual é a vantagem desse experimento, chamado *in situ*? “Enquanto o filme de perovskita se formava, os raios X atingiam a amostra e forneciam informações impor-

COMO A CÉLULA FUNCIONA

Ela é composta por materiais semicondutores que transformam a luz solar em corrente elétrica

1. ABSORÇÃO DA LUZ

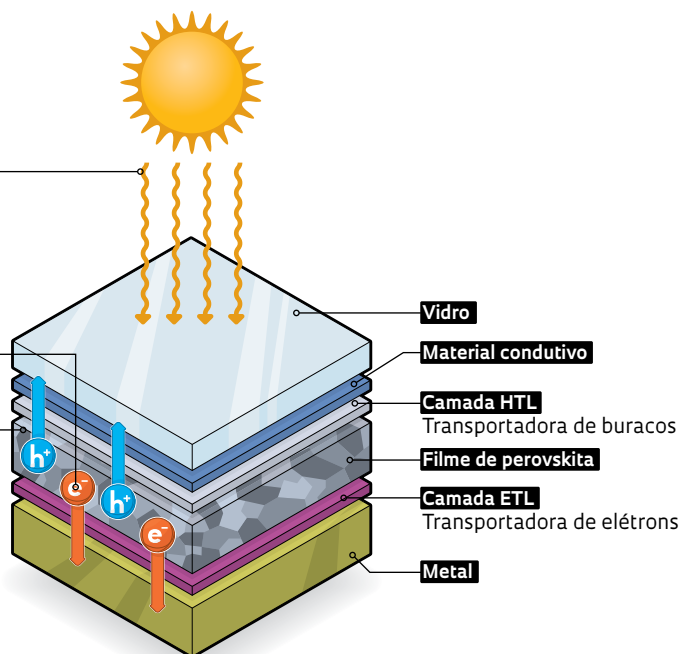
A luz solar atravessa o substrato de vidro e é absorvida pelo filme de perovskita

2. SEPARAÇÃO DE CARGAS

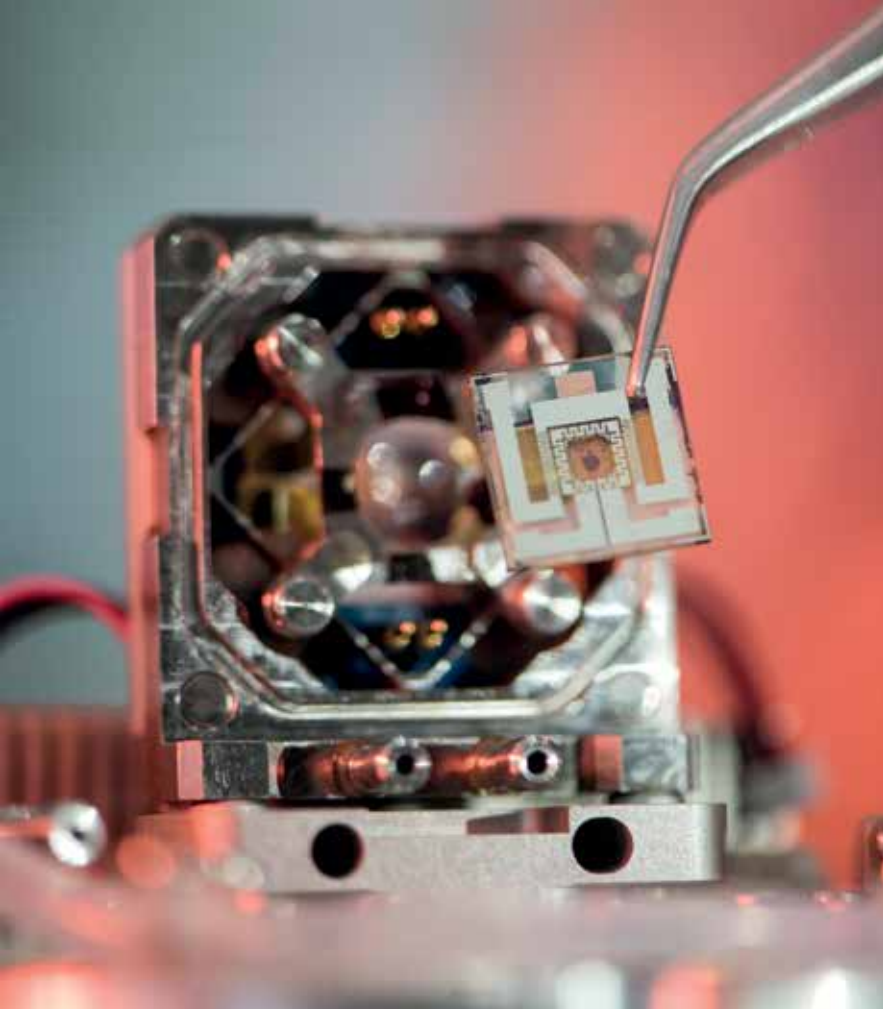
A energia da luz absorvida (fótons) provoca a separação de cargas elétricas: a camada ETL transporta **elétrons** (cargas negativas), a HTL, os **buracos** (cargas positivas)

3. GERAÇÃO DE CORRENTE

Os buracos migram para o material condutivo da célula e os elétrons chegam ao metal, gerando corrente elétrica



Célula de perovskita em preparação para realização de ensaios no acelerador de partículas Sirius



tantes sobre a estrutura e sobre como o filme se cristalizava ao longo das etapas”, conta Nogueira.

Esse e outros ensaios para analisar a degradação do material também por técnicas *in situ* no Sirius deram grande visibilidade aos pesquisadores do Cine – tanto que foram convidados a escrever um artigo de revisão sobre o assunto para o periódico científico *Chemical Reviews*. O texto com 77 páginas foi publicado no início de 2023. “O convite para elaborar um artigo de revisão para uma revista de altíssimo impacto coroa os trabalhos que fizemos nos últimos anos”, destaca Nogueira. Além de investigar a perovskita para uso em células solares, o grupo também estuda o emprego do material em dispositivos emissores de luz, como LED e lasers.

PARA ENTENDER O FUNCIONAMENTO

No Sirius, os experimentos agora têm foco em entender o funcionamento da célula solar de

perovskita – e não apenas no material em si. São os chamados experimentos *operando*. Um dos desafios desse tipo de análise é que a própria radiação síncrotron pode causar transformações indesejáveis no material.

“Estamos investigando os efeitos da dose de radiação necessária para estudar esses dispositivos e como mitigá-los. Já criamos dispositivos que permitem simular as condições de operação da célula solar fotovoltaica e temos os primeiros resultados”, ressalta o físico Helio Cesar Nogueira Tolentino, chefe da Divisão de Matéria Heterogênea e Hierárquica do LNLS. “Queremos achar as condições de trabalho ideais para obter a informação, usando a luz síncrotron e sem degradar o material fotovoltaico. Ou degradando, mas de maneira controlada.”

Tolentino explica que a estrutura cristalina da perovskita se assemelha ao formato de um cubo, podendo variar em razão do método de preparação ou das rotas de síntese adotadas. No primeiro experimento *operando*, os pesquisadores observaram o efeito da luz solar sobre a estrutura atômica do material. “Ainda não temos uma interpretação fechada, mas há evidências de que a variação da iluminação altera a estrutura do material.”

Entre possíveis soluções apresentadas pelos pesquisadores brasileiros para corrigir as características indesejáveis do material para as finalidades pretendidas, há aditivos, novas moléculas, diferenças no processo de produção do filme e até mesmo a aplicação de uma fina camada de um filme de perovskita bidimensional (2D) em cima de uma camada tridimensional (3D). Mas a instabilidade apresentada pelo material representa apenas parte dos desafios tecnológicos. Manter a eficiência energética conquistada em laboratório nas pequenas células, numa escala maior, também é um quebra-cabeça.

“Muitas vezes, ao tentar transpor a escala das células, o filme não fica homogêneo”, explica Nogueira, da Unicamp. “O processo de cristalização que ocorre quando a perovskita está se formando é diferente do de outros materiais usados no setor fotovoltaico.”

Segundo Graeff, os pesquisadores buscam encontrar formulações e processos que tornem a tecnologia economicamente viável. “Precisamos de processos produtivos robustos, que possam ser utilizados em alta escala. Nesse ínterim, estamos aprendendo muita física e química básica. Esses são materiais novos e complexos na área de dispositivos eletrônicos”, diz o pesquisador da Unesp de Bauru. “A eletrônica dos painéis atuais foi toda baseada em um material muito simples e

estável que é o silício. Agora temos um material formado por diferentes elementos químicos e estrutura complexa.”

A pesquisa na área traz bons exemplos de uma fecunda colaboração entre cientistas teóricos e experimentais. Com as simulações feitas em computador, os teóricos são capazes de projetar estruturas jamais feitas em laboratório ou de economizar tempo e dinheiro na seleção dos elementos a serem testados nos experimentos.

“Analisamos diferentes materiais e tentamos inferir ou aprender sobre as suas propriedades”, diz Dalpian, que contabiliza ao menos cinco artigos publicados com o grupo experimental da UFABC. “Há uma colaboração muito produtiva. Normalmente, são os pesquisadores experimentais que nos fazem pedidos, mas, nesse caso, é melhor do que isso, porque eles nos ouvem também. Uma vez dissemos que, se pusessem ferro na perovskita, esse material traria propriedades magnéticas interessantes. Eles fizeram isso e o resultado gerou um artigo interessante”, conta Dalpian.

No Cine, teóricos e experimentais trabalham juntos em várias frentes. Uma delas é a busca de alternativas que substituam o chumbo (elemento tóxico) na composição da perovskita. “Há o interesse de reduzir ou eliminar totalmente a quantidade de chumbo presente nessas estruturas”, afirma o físico Juarez L. F. Da Silva, do Instituto de Química de São Carlos (IQSC), da USP, e coordenador do programa de ciência computacional de materiais do Cine.

“A simulação computacional permite o estudo de grande quantidade de materiais para substituir

o elemento nas perovskitas de baixa dimensionalidade – como estanho, germânio ou combinações de duas espécies químicas”, explica Da Silva. Há um conjunto de parâmetros dos quais o material tem que estar o mais próximo possível. “Usamos as informações dos experimentais para verificar quais materiais têm esse potencial.”

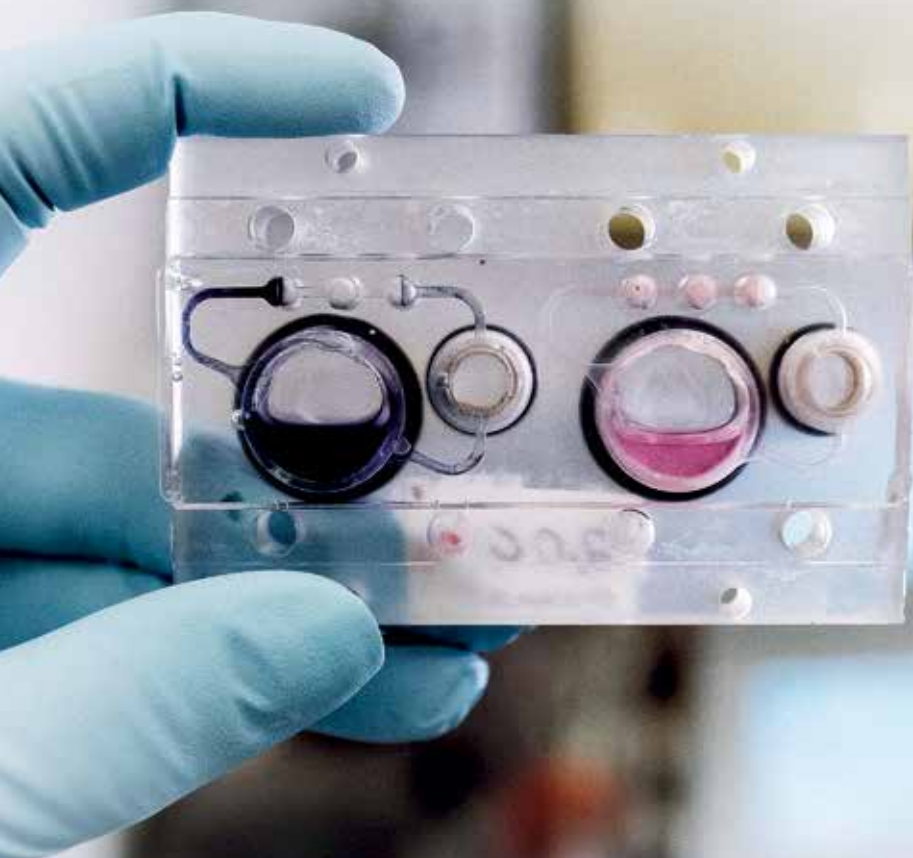
Outra frente, liderada pelos experimentais do Cine, investiga a interação de moléculas com as superfícies das perovskitas. As simulações permitem observar que mecanismos podem contribuir para o processo que degrada o dispositivo, detalha Da Silva. “Na célula solar, o fio metálico usado como contato para levar a corrente elétrica interage com a perovskita, gerando um processo de difusão de espécies químicas de um lado para outro. Dependendo da situação, elas podem desestabilizar a estrutura do dispositivo.”

De acordo com Dalpian, haverá espaço em várias frentes diferentes para as células solares de perovskita, desde que ocorra uma mudança de paradigma nessa área. “Há uma visão de que a célula solar deve durar de 20 a 25 anos. Mas não precisa ser assim. Se a célula for tão mais barata, ela pode ser trocada quando perder a eficiência, como se faz hoje com as lâmpadas”, diz Dalpian. “Nesse caso, é preciso que haja um ecossistema para cuidar da reciclagem dos painéis, minimizando um impacto ambiental associado à sua produção.” O objetivo da pesquisa com células de perovskita, destaca o pesquisador, não é substituir por completo os módulos de silício, mas incorporar na indústria de energia solar outro material com propriedades e características vantajosas. ■

Os projetos e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.



Linha de produção de células do tipo tandem na fábrica da Oxford Photovoltaics, na Alemanha



Chip simula parcialmente o organismo humano para testes de eficácia e segurança de cosméticos

IMPRIMINDO TECIDOS HUMANOS

Pele, fígado e intestinos produzidos artificialmente despontam como alternativa para testes de cosméticos em animais

Sarah Schmidt

Visto de cima, o aparelho parece uma fita cassete usada em gravadores antigos. A diferença é que, em vez de dois buracos, pode ter três ou quatro. Cada um deles guarda tecidos humanos reconstruídos – pele, intestino e fígado. Um líquido com nutrientes e oxigênio que circula entre os orifícios simula a corrente sanguínea e faz cada tecido funcionar como miniórgãos ligados entre si.

Testado em outros países por empresas de cosméticos e farmacêuticas para avaliar a toxicidade de seus produtos em desenvolvimento, o dispositivo chamado de *human-on-a-chip* ou *body-on-a-chip* (BoC) está ganhando espaço também no Brasil. A técnica de impressão 3D (ver Pesquisa FAPESP nº 276), usada para preparar os tecidos de pele e intestino (o de fígado ainda é produzido manualmente), também tem sido

empregada experimentalmente para outras finalidades (ver quadro na página 69).

“Aplicamos o ingrediente que queremos testar sobre a pele reconstituída e avaliamos sua toxicidade, simulando o funcionamento do corpo humano”, explica a bióloga Juliana Lago, pesquisadora da área de avaliação pré-clínica da Natura, fabricante de cosméticos que adotou essa tecnologia no primeiro semestre de 2023.

Importado de uma empresa alemã, o BoC se soma a outras técnicas usadas desde 2006 para substituir os testes de segurança e eficácia de produtos de beleza, higiene pessoal e perfumes com cobaias animais, proibidos em março de 2023 pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (Conea), do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (ver Pesquisa FAPESP nº 245).

Além de indicar eventuais danos causados por agentes externos, os tecidos que preenchem as

cavidades do chip reproduzem algumas funções dos próprios órgãos. “O minifígado produz bile [líquido amarelo-esverdeado que facilita a absorção de gorduras e vitaminas] e realiza todos os processos de desintoxicação, enquanto os dois tipos de células do intestino formam uma barreira com epitélio [camada externa] e liberação de muco [líquido gelatinoso branco ou amarelado que facilita a eliminação das fezes]”, descreve a bióloga Ana Carolina Figueira, do Laboratório Nacional de Biociências (LNBio) do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CN-PEM), de Campinas. Ela coordenou o projeto de uso integrado do chip com os outros tecidos, em colaboração com a Natura.

Em 2023, o CNPEM licenciou a tecnologia de produção e os direitos de comercialização dos tecidos de fígado e intestino para a startup 3D Biotechnology Solutions (3DBS), também de Campinas. Em troca, além de pagar *royalties*, a empresa ajudou a aprimorar o processo de produção dos tecidos de intestino por bioimpressão 3D e repassou o modo de produção das peles humanas.

A PRODUÇÃO DOS TECIDOS ARTIFICIAIS

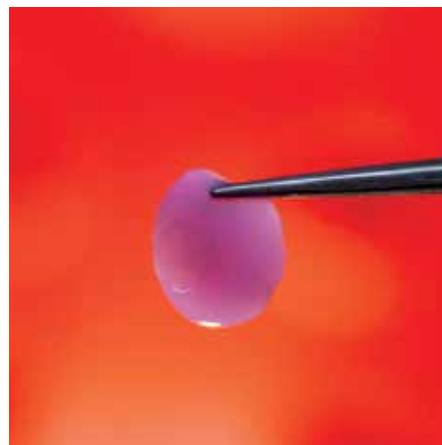
Na 3DBS, o tecido de intestino é feito a partir de células compradas do Banco de Células do Rio de Janeiro (BCRJ) e a pele é produzida a partir de células humanas isoladas de tecidos resultantes de cirurgias de fimose [retirada do excesso de pele sobre o pênis] em crianças atendidas em um hospital de Santa Bárbara D'Oeste, interior paulista. “As células descartadas da cirurgia em crianças produzem com rapidez o colágeno do tipo I, uma proteína da qual precisamos, por

dar resistência e elasticidade à pele”, explica a bióloga Ana Luiza Millás, diretora de pesquisa da empresa.

Uma solução com diferentes tipos de células é a matéria-prima trabalhada nas chamadas bioimpressoras, que criam estruturas tridimensionais com células vivas, moléculas e materiais biocompatíveis. Nesse caso, em vez do material plástico injetado por uma impressora 3D convencional para criar um objeto, uma seringa despeja uma mistura de células com uma solução de colágeno, por exemplo, sobre uma placa transparente com divisões internas, como as usadas para formar gelo no congelador. Um computador envia à máquina as informações sobre as dimensões e o formato do tecido a ser construído camada a camada.

O tecido de intestino reconstruído forma uma camada circular de 12 milímetros (mm) de diâmetro nos compartimentos da placa, depois mantida em uma incubadora a 37 graus Celsius (°C) durante 21 dias. Nesse tempo, as células se diferenciam para formar a barreira intestinal, responsável pela absorção de nutrientes e pela produção de muco. Depois de prontos, os tecidos podem ser usados em até uma semana.

Já a solução com células da pele, assim que sai da bioimpressora precisa de 10 dias na incubadora para adquirir sua forma final de disquinhos gelatinosos rosados de cerca de 6 mm de diâmetro. “Nesse tempo as células formam cinco camadas, no modelo experimental dermoepidérmico, chamado de pele humana *full*. Outro



Tecido de fígado, reconstruído manualmente (à esq.), e pele humana produzida por bioimpressão



Ana Luiza Millás, da 3DBS, opera uma bioimpressora; em destaque, a seringa que deposita solução com células em compartimentos de uma bandeja

modelo, mais simples, chamado de epiderme humana reconstruída (RHE), possui somente a camada epidérmica e é utilizado para testes de segurança e eficácia de cosméticos”, conta Millás.

Ela pesquisa a reconstrução de tecidos humanos desde 2010, inicialmente com o propósito de criar peles para a medicina regenerativa. Em seu doutorado na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), com apoio da FAPESP, ela trabalhou com substância extraída da copaíba (*Copaifera langsdorffii*), uma árvore nativa do país, que, quando incorporada a fibras ultrafinas, pode servir como substituto cutâneo tridimensional (ver Pesquisa FAPESP nº 226).



Os novos rumos da pesquisa levaram aos métodos de produção da pele por bioimpressão, desenvolvidos com especialistas da Universidade de São Paulo (USP) e da Natura e descritos em um artigo publicado em março de 2019 na revista científica *International Journal of Advances in Medical Biotechnology*.

“Inicialmente produzíamos peles maiores, com o dobro de diâmetro, mas as empresas e os centros de pesquisa preferem tecidos menores, em maior quantidade e com menor custo para os testes de toxicologia”, conta a bióloga Gabriela Gastaldi, pesquisadora da 3DBS.

Os tecidos de fígado ainda são produzidos manualmente com células importadas e do banco do RJ, mergulhadas em uma solução de agarose e depositadas em moldes com 81 orifícios. Após cinco dias na incubadora, as células se aglomeram formando agregados circulares de células, os chamados esferoides, com cerca de 300 micrômetros (µm) de diâmetro, visíveis a olho nu.

Como a venda desses tecidos pela empresa começou em 2022, 80% do faturamento provém das bioimpressoras e equipamentos de eletrofiação, produzidas desde 2018 na oficina da 3DBS em São Paulo. A 3DBS também distribui no Brasil os chips e as bombas que fazem circular os nutrientes, fabricados desde 2019 pela empresa alemã Tissue-Use, da qual é representante no Brasil. “Apostamos no crescimento do uso dos tecidos e dos chips em vista da necessidade de padronização dos testes de toxicidade e das outras aplicações possíveis, que começam a ser descartadas”, observa o administrador de empresas Pedro Massaguer, diretor de estratégia e inovação. ■

OUTRAS APLICAÇÕES

No Senai Cimatec, em Salvador, na Bahia, a engenheira de materiais Josiane Barbosa utiliza uma bioimpressora da 3DBS para testar diferentes formulações de carnes produzidas a partir de células bovinas ou de proteína vegetal. “A bioimpressão facilita o processo de reprodução de produtos com as dimensões e a geometria necessárias. Também ajuda na adesão das células, devido à deposição em camadas, algo mais difícil de fazer com técnicas manuais”, observa.

No começo de outubro, a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, de Brasília, transformou ingredientes vegetais, como farinha de soja, feijões-fava e grão-de-bico, em análogos de filés de peixe. Se for bem-sucedida, essa pesquisa poderá resultar em novos alimentos, voltados principalmente para os mercados vegetariano e vegano.

Há outros avanços nessa área. Em um estudo publicado em outubro na *Science Advances*, pesquisadores brasileiros e norte-americanos relataram o desenvolvimento de tecidos de pele com estruturas semelhantes a folículos capilares por meio da bioimpressão. Se avançar, essa técnica poderá fornecer células capazes de ajudar no tratamento de ferimentos ou em enxertos, já que são as células da base dos folículos que iniciam a cicatrização.

Os projetos e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

MUITOS PLANOS PARA O ESPAÇO

Novo presidente da Agência Espacial Brasileira prepara o lançamento de foguetes e satélites e anuncia novos acordos internacionais de cooperação

Yuri Vasconcelos

Engenheiro eletricitista com mestrado e doutorado em tecnologia espacial, após uma carreira de quase 40 anos no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), Marco Antonio Chamon assumiu em julho de 2023 a presidência da Agência Espacial Brasileira (AEB), instituição responsável pela coordenação do programa espacial.

Ele reconhece que nos últimos 20 anos o país avançou menos do que poderia nessa área, enquanto China e Índia desenvolveram-se bastante, mas também tem boas notícias para os próximos anos. Uma delas é a perspectiva de lançamento ainda este ano de dois foguetes suborbitais, que entram e saem da atmosfera terrestre, para pesquisas em microgravidade. Outra é o desenvolvimento de dois novos satélites, com inovações tecnológicas, construídos em parceria com a China e a Argentina.

A construção dos foguetes suborbitais é um passo fundamental para o desenvolvimento do Veículo Lançador de Microsatélites (VLM), uma importante meta do programa espacial brasileiro. “O primeiro lançamento do VLM-1, um foguete de propulsão sólida, está previsto para acontecer em 2026”, afirma Chamon.

Nesta entrevista, concedida por plataforma de vídeo, o presidente da AEB conta também sobre o plano de incentivar o uso de dados de satélite por empresas brasileiras, a participação do país na missão Artemis, programa de voo da agência norte-americana Nasa, e os acordos com outras agências espaciais, alguns discutidos durante um encontro científico ocorrido no segundo semestre de 2023 na Europa.

O senhor participou recentemente do Congresso Internacional de Aeronáutica, no Azerbaijão. O que trouxe na bagagem?

Tivemos uma semana tomada de encontros. Reunimo-nos com todas as agências espaciais de relevo, como a norte-americana, a chinesa, a russa e a europeia. O que me deixou especialmente feliz foi que todo mundo queria conversar com o Brasil. Havia dois assuntos principais. O primeiro foi a reinserção do país no cenário internacional. Temos um programa espacial consolidado, ainda que menor que o de outros países, mas com satélites no ar e acordos internacionais de cooperação científica e tecnológica. O segundo foi nossa posição como um parceiro experiente, que faz a ponte com países que estão entrando na área espacial e ainda não têm programas consolidados. Para essas nações, como é o caso de Colômbia ou Ruanda, é mais fácil conversar com o Brasil do que com a Nasa [agência espacial dos Estados Unidos]. Percebi que somos vistos como um parceiro confiável. Outro sinal da credibilidade de nosso programa espacial é



Chamon: a ideia é colocar outro astronauta brasileiro no espaço, talvez ainda nesta década

que fomos convidados para participar do Encontro dos Líderes da Economia Espacial do G20 [Selm], ocorrido em julho na Índia [o G20 é o grupo das 19 maiores economias globais mais a União Europeia e a União Africana]. Em 2024, vamos organizar a primeira Conferência de Economia Espacial da ONU [Organização das Nações Unidas].

No Azerbaijão, houve procura por lançamentos no Centro Espacial de Alcântara (CEA), situado no Maranhão?

O uso de Alcântara como um centro internacional de lançamento de foguetes não está tão rápido como gostaríamos. Mas é preciso lembrar que o objetivo original quando essa base foi criada, há 40 anos, era termos um sítio para lançar nossos foguetes, de modo a conquistarmos autonomia espacial. Há alguns anos, a Força Aérea Brasileira [FAB] decidiu que seria interessante usar a posição geográfica privilegiada do CEA para lançamentos de veículos de outros países. Isso não foi feito antes porque há 20 anos havia poucos países com programa espacial, mas a situação mudou. Hoje

são muitos, embora só alguns com capacidade de lançamento de seus próprios satélites e foguetes. Neste ano [2023], uma empresa sul-coreana, a Innospace, fez um teste em Alcântara, justamente porque queria explorar a vantagem da posição geográfica da base. A proximidade com o Equador proporciona economia de combustível. Em 2024 deve haver nova operação da Innospace, provavelmente um lançamento comercial. Também em 2024 uma companhia canadense, chamada C6, deve fazer um teste de motor em Alcântara e decidir se vai ou não utilizar a base. O interesse por Alcântara crescerá a partir de um primeiro lançamento comercial.

Como avalia a posição do Brasil no cenário espacial?

Há 20 anos, Brasil, China e Índia estavam no mesmo patamar. China e Índia avançaram muito, e ficamos para trás, andamos mais lentamente do que deveríamos. Passamos por épocas de baixo investimento e a continuidade se tornou difícil. Como havia limitações do orçamento, certas áreas do programa espa-

cial ficaram paradas – e isso atrapalhou. Nos últimos anos, conseguimos fazer a manutenção das instalações de Alcântara, mas não expansões ou atualizações. Quando lançamos o satélite Amazonia-1, em fevereiro de 2021, tivemos de fazer o lançamento da Índia com foguete deles. Custou quase US\$ 26 milhões [ver Pesquisa FAPESP nº 300]. A boa notícia é que há indícios de que as coisas podem melhorar, porque o programa espacial é importante para o governo. O orçamento da AEB continua nos mesmos patamares dos últimos anos, mas tem sido substancialmente suplementado por outras fontes. Em 2023 ocorreram alguns editais para o setor industrial voltados ao desenvolvimento de satélites e de veículos lançadores de pequeno porte.

Qual é o orçamento da agência?

Para 2024, é de R\$ 102 milhões, muito próximo ao de 2023. Se quiser uma comparação, o da Nasa é da ordem de US\$ 20 bilhões, aproximadamente R\$ 100 bilhões – portanto, 1.000 vezes maior. O orçamento da Nasa equivale a cerca de US\$ 60 por norte-americano por ano e o da Agência Espacial Francesa (CNES) é de € 35 *per capita* por ano. O nosso corresponde a R\$ 0,64. O governo brasileiro tem usado outras fontes para aumentar os investimentos no programa espacial, de modo que o orçamento real do próximo ano, considerando os aportes extras, poderá ser até quatro vezes maior, o que permitirá que as coisas avancem. Espero que o volume de recursos cresça nos próximos anos.

Quais os planos para 2024?

Se o cronograma se mantiver, devemos lançar o foguete VS-50. É um veículo suborbital, porque não vai para o espaço exterior. Seu voo tem a forma de uma parábola: ultrapassa o limite teórico da atmosfera terrestre [100 quilômetros acima do nível do mar] e volta. Ele não consegue, por exemplo, colocar satélites em órbita, mas durante alguns minutos do voo cria-se no foguete um ambiente de microgravidade, no qual podem ser realizados vários experimentos científicos.

Além disso, se for bem-sucedido, será um passo importante para a construção do Veículo Lançador de Microssatélites [VLM], pois ambos usam o mesmo motor (ver Pesquisa FAPESP nº 311). Para 2024, prevemos também o lançamento de outro foguete suborbital, o VS-30, no Centro de Lançamento da Barreira do Inferno, no Rio Grande do Norte. Também será importante para pesquisas sobre microgravidade. Um voo suborbital provê um ambiente de microgravidade de alguns minutos e pode ser utilizado para os estudos científicos de fenômenos físicos, químicos e biológicos, tais como crescimento de cristais, aquecimento ou resfriamento de materiais e estresse em culturas biológicas. A ideia é de que o melhor entendimento desses fenômenos em condições de microgravidade possa melhorar processos que são desenvolvidos em terra. As perspectivas são boas e têm o condão de chamar a atenção do público e mostrar ao próprio governo que nosso programa tem dado frutos.

Considerando que o lançamento do VS-50 seja bem-sucedido, quais os próximos passos do desenvolvimento do VLM?

Se o primeiro voo do VS-50 for exitoso, seguramente haverá um segundo, em 2025, porque é preciso fazer vários testes para garantir que as coisas aconteçam de maneira segura. Em paralelo, devemos começar a preparar o VLM. O

primeiro lançamento do VLM-1 está previsto para 2026. Trata-se de um foguete de propulsão sólida. Já o VLM-X, uma evolução de nosso lançador, tem dois motores de propulsão sólida, herdados do VS-50, e um terceiro motor, de propulsão líquida, que está em desenvolvimento no IAE [Instituto de Aeronáutica e Espaço]. Não há ainda previsão para o lançamento desse foguete.

Quais suas prioridades à frente da AEB?

Inicialmente preciso acalmar meus amigos da indústria e dizer que o programa espacial é um programa de Estado. Tenho obviamente alguma autonomia, mas existem metas, diretrizes e compromissos já estabelecidos que serão mantidos. Do ponto de vista de tecnologia, temos duas linhas, que chamamos de *upstream* e *downstream*. A primeira lida com infraestrutura, as bases de controle de satélites, a recepção de dados, as grandes antenas. É bastante cara, tem de ser sustentada pelo governo e inclui instituições como o Inpe e o DCTA [Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial, da FAB], que contratam as empresas para a construção de satélites e foguetes. A segunda linha, que pretendo fortalecer, é o uso das informações do espaço, fornecidas por satélites. Empresas privadas poderiam agregar valor aos dados e vender serviços, para fazendas, empresas e para o próprio governo. Os dados

de nossos satélites são públicos, o que facilita a entrada de empresas privadas no setor. A ideia seria utilizar os dados e gerar produtos que possam ser utilizados por terceiros. Por exemplo, dados meteorológicos e de umidade do solo podem ser processados e transformados em produtos e serviços para a agricultura. No Brasil, a face mais visível da aplicação de dados por satélite é o monitoramento de desmatamento, mas as imagens precisam ser tratadas e interpretadas. Hoje é o Inpe que faz isso, mas eu gostaria que fosse feito também pelo setor privado, de modo a favorecer a criação de empresas, de empregos e de renda.

O que tem feito para aumentar a participação do setor privado nessa área?

Já conversei com os diretores de alguns parques tecnológicos para que possamos mobilizar principalmente as empresas pequenas, que tendem a ser mais ágeis e inovadoras. Essas novas oportunidades de negócios devem se tornar sustentáveis com o tempo, mas no início provavelmente precisarão de um suporte do governo. Já estamos trabalhando também nessas possíveis formas de apoio. A Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil [Aiab], por exemplo, tem mais empresas do setor *upstream* do que do *downstream*. Precisamos fazer crescer as duas partes, mantendo a capacidade de fabricar equipamentos e aumentan-



Montagem no Inpe do satélite Amazonia-1, lançado em 2021

do o uso dos dados. Queremos ampliar também os acordos internacionais de cooperação. Por meio de acordo com a China, com quem já trabalhamos há muito tempo, estamos desenvolvendo outro satélite, o CBERS-6, no âmbito do Programa Sino-brasileiro de Satélites de Recursos Terrestres. Um entendimento ainda mais recente, com a Argentina, resultou no projeto do satélite Sabia-Mar.

Quais as diferenças entre eles?

São dois satélites distintos. O CBERS-6 é um satélite diferente dos que temos feito com a China. Nesse programa, iniciado há quase 40 anos, fizemos satélites ópticos, que tiram fotos, e com uma massa da ordem de 2 toneladas [t]. O CBERS-6 é um satélite radar, vai fazer outro tipo de imagens, usando o que chamamos de tecnologia radar de abertura sintética. Tem a vantagem de poder “enxergar” através das nuvens, coisa que o óptico não faz. Ao mesmo tempo, será um satélite menor, com aproximadamente 700 quilogramas [kg]. Ele será montado sobre a Plataforma Multimissão [PMM], uma estrutura genérica desenvolvida pelo Inpe nos anos 2000 e que foi empregada na construção do satélite Amazonia-1. Gostaríamos de desenvolver nossos próprios radares, mas esse dispositivo ainda será fornecido pela China. A data otimista de lançamento é 2028.

E o Sabia-Mar?

Está previsto para 2026. Ele vai fornecer informações sobre a qualidade da água das zonas costeiras e continentais, porque o Brasil tem bacias hidrográficas, hidrelétricas e açudes grandes o suficiente para serem visíveis com satélite. Vai mostrar, por exemplo, a quantidade de clorofila na água, importante para avaliar a absorção de carbono e as mudanças climáticas. Na realidade, são dois satélites, os argentinos fazem um e nós outro, cada um com cerca de 700 kg. A ideia é que eles trabalhem juntos para obter o dobro de informação. Outra diferença é que faremos o satélite inteiro, enquanto no programa com a China seremos responsáveis pela metade dele. Poderemos também aproveitar a Plataforma Multimissão para o Sabia-Mar. Já temos 60% da plataforma pronta.

Ao assumir a presidência da AEB, o senhor comentou que o programa espacial



Pretendemos trabalhar com a Nasa numa área conhecida como *space farming*, voltada à produção de alimentos no espaço

brasileiro pode ajudar a diminuir a desigualdade social no país. De que maneira?

Temos buscado os caminhos. Uma das formas é reduzir a concentração de empresas do setor espacial em São José dos Campos [SP] e promover a criação ou o crescimento de outras, em outras regiões. Com esse propósito, estamos buscando parcerias com universidades, parques tecnológicos, federação de indústrias e governos estaduais e municipais para promover atividades espaciais localmente. Isso pode ser feito por meio da construção de pequenos satélites. Para satélites grandes, a infraestrutura necessária também é grande, mas os pequenos promovem o desenvolvimento de empresas e a formação de pessoal especializado. O uso de dados de satélites sobre desmatamento, por exemplo, pode ser feito localmente por empresas privadas. É preciso, claro, um plano de negócios, mas o investimento não é alto, essencialmente em computadores, programas e pessoal. É bom lembrar que adotamos uma política de dados aberta, ou seja, as imagens de satélites e as informações sobre o clima são gratuitas ou de custo

baixo. Esse tipo de serviço movimenta a economia local e pode amenizar as desigualdades regionais.

Como está a participação brasileira no Artemis? Mandaremos outro astronauta brasileiro para o espaço ou para a Lua?

Nosso objetivo no projeto Artemis [programa de voo espacial tripulado da Nasa] não é enviar um astronauta brasileiro à Lua, embora certamente vamos colocar outro astronauta no espaço, talvez ainda nesta década. Isso gera visibilidade, mas não é a coisa mais importante do programa espacial brasileiro. Seu objetivo primordial, desde o início, é gerar benefícios para a sociedade. Como outros países, assinamos apenas a parte mais genérica dos chamados Acordos Artemis, que são declarações de princípio sobre o uso pacífico do espaço, a preservação da sustentabilidade do espaço, a troca de dados etc. Nossa pretensão no Artemis é dupla. A primeira é fazer ciência utilizando a Lua como plataforma. Com apoio do Inpe, o ITA [Instituto Tecnológico de Aeronáutica] está projetando um satélite pequeno, de 10 ou 20 kg, para ser colocado na órbita da Lua. Ele fará medidas científicas sobre como o Sol se comporta e incide sobre a Lua e, eventualmente, sobre a própria Terra. A segunda área na qual pretendemos trabalhar – e a Nasa já mostrou interesse – é a chamada *space farming*, para produção de alimentos no espaço. Já temos um acordo assinado com a Embraer [Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária] e agora estamos buscando os recursos.

Sua carreira de pesquisador está ajudando a exercer agora um cargo executivo?

Meus quase 40 anos de atuação no Inpe facilitam bastante o trânsito na área espacial, que ainda é pequena no país, mas está crescendo. Ao assumir a AEB no ano passado, já conhecia boa parte do pessoal do Inpe, do ITA, da Força Aérea, das empresas e das universidades. Não concordo com todo mundo nem todos concordam comigo, mas nossas discussões têm sempre um caráter técnico, nunca um caráter pessoal, de modo que conseguimos manter as relações de amizade e profissionalismo. Geralmente conseguimos conversar e estabelecer uma linguagem e objetivos comuns, e assim as coisas andam mais rapidamente. ■

Dispositivo à base de grafite: resistente à corrosão

IRRIGAÇÃO SUSTENTÁVEL

Sensores de umidade do solo com tecnologia nacional chegam ao mercado e podem contribuir para o uso racional dos recursos hídricos

Suzel Tunes

Produtores agrícolas brasileiros têm à disposição dois novos modelos de sensores de umidade de solo desenvolvidos no país. Um desses dispositivos, criado no Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas (IB-Unicamp) e licenciado para a empresa Galembetech, uma spin-off da universidade, difere de outros aparelhos similares existentes no mercado por um detalhe importante: emprega material condutor não metálico, à base de grafite, o que o torna resistente à corrosão. Com isso, sua durabilidade é maior. Por essa inovação, o biólogo Eduardo Galembek e o estudante de engenharia Yago Sampaio Guido receberam o Prêmio Inventores Unicamp 2023 na categoria Propriedade Intelectual Licenciada.

A Galembetech já produziu um lote de 50 unidades do sensor. “Nossa ideia é fazer uma divulgação inicial do produto e depois disponibilizá-lo em lojas e sites agropecuários”, diz Galembek. No futuro, para elevar a escala, a startup deve terceirizar a produção. Segundo o pesquisador, que é sócio da Galembetech e professor do IB-Unicamp, um pedido de patente do sensor já foi depositado.

O segundo sensor é fruto de um trabalho feito na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). O foco da equipe da unidade Embrapa Instrumentação, em São Carlos (SP), são aparelhos para medir o chamado potencial matricial da água no solo, ou seja, a força ou tensão com que as partículas do solo retêm a água. Também chamados de tensiômetros, são dispositivos compostos por material cerâmico permeável, contendo água no interior. Na medida em que o solo seca, a água tende a sair do sensor gerando um vácuo equivalente à tensão da água no solo. Seu funcionamento é cíclico: quando a chuva ou a irrigação molhar o solo, os sensores absorverão água e voltarão ao estado inicial.

O projeto, apoiado pela FAPESP, busca aperfeiçoar dois modelos lançados em 2015 (ver Pesquisa FAPESP nº 234). O físico Carlos Manoel Pedro Vaz, responsável pelo desenvolvimento, esclarece que esses aparelhos apresentaram perda de sensibilidade e precisaram voltar ao laboratório. Um novo modelo, chamado IGstat, criado com a Tecnicer Cerâmica, de São Carlos, já está no mercado.

USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA

Sensores voltados ao uso racional de água no campo tendem a ser cada vez mais usados em sistemas de irrigação por causa do aquecimento global e do cenário de escassez de água mais intenso que ele delinea. “Temos que usar os recursos tecnológicos disponíveis para aplicar a água na lavoura no momento certo e na quantidade exata”, defende o engenheiro-agrônomo Rubens Duarte Coelho, professor da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq-USP). Ele é um dos autores do livro *Agricultura irrigada no Brasil: Ciência e tecnologia* (Esalq, 2022).

Nos últimos 15 anos, segundo o agrônomo, surgiram consultorias focadas em manejo de irrigação, que incluem em seus protocolos a instalação de sensores para

avaliar o *status* da água no solo. Há diversos modelos à disposição, com diferentes princípios de funcionamento. De maneira geral, eles podem ser classificados em três categorias: os que medem o volume de água no solo (resistivos), os que são sensíveis à constante dielétrica do solo (capacitivos) e os que aferem a tensão com que a água é retida (tensiométricos).

“Os sensores mais modernos e confiáveis são os tensiométricos e os capacitivos, com 98% do mercado. Não têm elemento metálico em contato com o solo e são estáveis ao longo dos anos. Por isso, são os mais vendidos”, diz Coelho.

O sensor da Unicamp é do tipo resistivo. Baseia-se em uma propriedade física do solo, a resistência elétrica, que varia com a quantidade de água presente. Galembeck explica que o aparelho mensura o volume de água a partir da variação de resistência elétrica entre dois eletrodos inseridos no solo. “Quanto maior a quantidade de água, menor a resistência elétrica medida”, conta.

Ele funciona como outros modelos de sensores resistivos vendidos no mercado, mas o uso do grafite como material condutor, substituindo os componentes metálicos, pode torná-lo uma opção mais durável e econômica. “Os sensores resistivos custam a partir de R\$ 15, mas podem chegar a R\$ 1.000, conforme o material de que são feitos, sua durabilidade e se são nacionais ou importados. O nosso custa, no ponto de venda, cerca de R\$ 25, na faixa de preço dos mais ba-

ratos, mas com a durabilidade dos mais caros”, diz Galembeck.

De acordo com o pesquisador, alguns sensores metálicos começam a apresentar falhas com poucos meses de uso. O dispositivo da Unicamp não sofreu deterioração depois de 18 meses de emprego contínuo em testes em campo. A questão da durabilidade foi o que motivou a pesquisa, iniciada em 2017. “Eu trabalhava em outro projeto, relacionado à vida microscópica, quando tive dificuldade para montar um experimento em um terrário”, recorda-se Galembeck. “Ele era monitorado por vários sensores, incluindo o de umidade, que durava menos do que o experimento. Entrei em contato com a equipe de outro projeto do qual eu participava, que investigava um novo material à base de grafite, e decidimos empregá-lo para resolver o problema de desgaste do sensor.”

Desse processo de desenvolvimento participaram o aluno de iniciação científica Yago Guido e a Galemtech, que teve apoio do programa Pesquisa Inovativa em Pequena Empresa (Pipe), da Fundação. “A chegada desse produto ao mercado fecha um ciclo que surgiu a partir da pesquisa básica em um projeto na área de ensino de ciências e resultou em uma patente e uma inovação tecnológica”, comemora Galembeck.

A Galemtech prepara uma campanha publicitária para conquistar o consu-

midor. Pode não ser tarefa fácil. Segundo Vaz, da Embrapa, o uso de sensores para manejo e controle de irrigação não é uma prática estabelecida no campo. “Para boa parte dos produtores, o preço da energia elétrica determina o horário da irrigação. Não se olha muito a demanda do solo ou da planta, e acaba ocorrendo desperdício de água.” Ele espera que a entrada de mais produtos nacionais no mercado, com a oferta de assistência técnica aos agricultores, ajude a mudar esse cenário.

O engenheiro agrícola Everardo Mantovani, criador do Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Minas Gerais, e professor emérito da instituição, avalia que conhecimento técnico é essencial para o sucesso dessa tecnologia. “Se não forem devidamente empregados, os sensores tornam-se economicamente inviáveis”, diz.

O tamanho da propriedade também condiciona o uso do dispositivo. Em áreas agrícolas mais extensas, explica Mantovani, pode haver diferenças de características do solo conforme o local, o que exigiria a instalação de vários sensores para uma avaliação mais precisa – elevando o custo de implantação da tecnologia. “Os sensores funcionam muito bem em lavouras menores e em culturas de maior valor agregado, como a produção de hortaliças”, considera. ■

Os projetos e o livro consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.



O sensor da Unicamp, com dois eletrodos (acima), foi licenciado para a startup Galemtech. Ao lado, o modelo IGstat durante ensaios em laboratório



ary rehe
oĩ mbyja
kwéry.

OBRIGADO

BOM
DIA

GIWAIKAKA

A-BER-
TA.

CAFUNDÓ.

TCHAU

LINGUÍSTICA

VOZES PLURAIS

VOZES PLURAIS





Pesquisas sobre variantes do português, línguas de sinais e indígenas evidenciam a diversidade e o preconceito linguístico no Brasil

Christina Queiroz | ILUSTRAÇÕES Ayana Saito

Um caso identificado em pesquisa realizada por uma desembargadora federal há cerca de 15 anos é exemplar para ilustrar a importância do debate sobre a diversidade linguística do Brasil. O país tem o português como único idioma oficial, mas é habitado por falantes de mais de 200 línguas. Na ocasião, o Supremo Tribunal Federal (STF) negou o pedido de *habeas corpus* feito por um paraguaio detido, com a justificativa de que, apesar de compreensível, a demanda tinha sido elaborada em “portunhol”. Conforme a interpretação do STF, para ser atendido, o solicitante precisava ter se dirigido ao Poder Judiciário em português. Com o propósito de compreender e dar visibilidade à pluralidade de idiomas e às variantes do português utilizadas em território nacional, pesquisas desenvolvidas por linguistas, fonoaudiólogos e pedagogos têm colaborado para desconstruir a ideia de que somos um país monolíngue. Exemplos desses trabalhos publicados em 2023 são os dicionários de kaiowá, idioma falado pelo povo Kaiowá em Mato Grosso do Sul, e da língua de sinais Cena, utilizada por uma comunidade de surdos no interior do Piauí.

Instrumento oficial para identificação, documentação e reconhecimento de línguas usadas por grupos da sociedade brasileira, o Inventário Nacional da Diversidade Linguística (INDL) foi criado em 2010 pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan), por meio do Decreto nº 7.387. Conforme o INDL, são faladas no país cerca de 180 línguas indígenas e 30 de imigração, línguas de sinais e afro-brasileiras. “Todas elas apresentam uma enorme variabilidade em termos de sons, morfologia e sintaxe”, explica a linguista Gladis Massini-Cagliari, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), *campus* de Araraquara.

De acordo com Massini-Cagliari, as primeiras línguas incorporadas ao inventário foram tukano, baniwa e nheengatu, todas indígenas, sendo que esta última é considerada a língua geral da Amazônia. Além delas, o INDL inclui o talian, idioma criado a partir de dialetos falados por imigrantes italianos no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, e outras três línguas indígenas em sua base de dados. Em agosto de 2022, o Iphan elaborou uma proposta de inclusão, ainda não regulamentada, de seis novas línguas ao inventário. Uma delas é o iorubá, falado em casas de religião de matriz africana de origem nagô ou iorubá, enquanto a outra, o hunsrückisch, foi desenvolvida a partir de uma base dialetal germânica por imigrantes alemães.

“Mesmo reconhecidas por um instrumento oficial, na vida prática elas não oferecem todas as possibilidades de comunicação disponíveis para o português”, analisa Massini-Cagliari. Isso significa que poucos órgãos dos sistemas de saúde, educação e justiça, por exemplo, estão preparados para atender às pessoas em outros idiomas que não o português. E isso pode acontecer até mesmo em cidades como São Gabriel da Cachoeira (AM) e Monsenhor Tabosa (CE) que, por meio de legislações municipais, adotaram idiomas indígenas como cooficiais. Na localidade amazonense, segunda cidade do país com a maior quantidade de indígenas, as línguas baniwa, nheengatu, tukano e yanomami são cooficiais. Massini-Cagliari é uma das organizadoras do livro *Understanding linguistic prejudice: Critical approaches to language diversity in Brazil* (Springer e Editora Unesp), junto com as linguistas Angélica Rodrigues e Rosane de Andrade Berlinck, também da Unesp. Lançada em 2023, a obra compila resultados de estudos realizados por uma rede de pesquisadores da Unesp e das

universidades de Sheffield (Inglaterra), Ottawa (Canadá) e Amsterdã (Holanda).

Segundo Massini-Cagliari, línguas minoritárias que sobrevivem em áreas geográficas específicas e também variedades do português carregam um estigma que contrasta com o idioma oficial falado no país. “Na pesquisa, procuramos evidenciar as relações existentes entre preconceito linguístico e discriminação social”, observa. “Estudos mostram que o português ‘padrão’ ou ‘culto’ é, na verdade, uma abstração idealizada que se afasta, em muitos aspectos, de variedades faladas e escritas do português em uso no Brasil”, comenta. Ela explica que, do ponto de vista da linguística, frases como ‘os menino trabalha’, por exemplo, comuns no português popular, não representam um erro, mas exibem um aspecto da gramática do idioma que determina que a concordância é uma regra variável. “Nessa perspectiva, errada seria apenas uma estrutura agramatical, não reproduzida naturalmente por nenhum falante nativo, como ‘o menino trabalham’”, detalha.

Com a proposta de compreender a diversidade linguística brasileira, o linguista Antonio Carlos Santana de Souza, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (Uems), estuda desde a década de 1990 o português falado por quilombolas, em lugares como o quilombo do Cafundó, em Salto de Pirapora, na região de Sorocaba (SP), e o da Caçandoca, na cidade de Ubatuba (SP). Ele também pesquisa comunidades negras rurais e urbanas descendentes de africanos nos estados de Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul. Em comunidades compostas por descendentes de escravizados e pessoas brancas que viviam em fazendas próximas, Souza identificou que os moradores realizavam a não concordância de gênero em porcentagens muito elevadas em comparação

ao português falado em outras comunidades, ou seja, dizendo “o menina” ou “a menino”.

“Pesquisas de referência sobre o tema conduzidas pelo linguista norte-americano William Labov sustentam que entre comunidades rurais de afrodescendentes os homens normalmente inovam em sua forma de falar, enquanto as mulheres conservam”, diz Souza. No entanto, no trabalho realizado em Caçandoca, ele constatou que as mulheres estavam mudando a forma de falar, passando a realizar a concordância de gênero com mais frequência do que os homens. “Descobri que elas passaram a se ocupar mais da vida econômica da comunidade, vendendo bananas e atendendo turistas. Esse contato provocou mudanças na forma como elas se comunicavam”, afirma o pesquisador da Uems.

Discussões sobre as relações entre língua e sociedade sempre estiveram presentes em estudos linguísticos. O conceito de preconceito linguístico, embora ainda não com esse nome, já aparece em estudos do linguista suíço Ferdinand de Saussure (1857-1913). Mas foi apenas na década de 1960 que surgiu a sociolinguística, ciência que estuda as relações entre linguagem e sociedade. Naquela década, o conceito de preconceito linguístico foi cunhado sobretudo a partir de estudos do linguista norte-americano William Labov, que pesquisou variantes do inglês faladas por comunidades afro-americanas. “Ele demonstrou a complexidade do idioma utilizado por essas pessoas, ajudando a desconstruir a ideia de que falas diferentes do inglês padrão eram inferiores ou erradas”, diz Berlinck, da Unesp.



OS INDÍGENAS GUARANI-KAIOWÁ TÊM, POR EXEMPLO, DISTINTOS VERBOS PARA DESIGNAR O ATO DE PESCAR

Adotar o português como único idioma oficial garante certa unidade linguística, trazendo benefícios práticos para um país com as dimensões continentais do Brasil. Porém pesquisadores defendem que a ciência pode ajudar a tirar outras línguas faladas em seu território da invisibilidade. “Há pouca consciência na sociedade sobre as perdas que o monopólio da língua portuguesa traz ao país”, afirma a professora de história indígena Graciela Chamorro, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Mato Grosso do Sul. Ela considera que, quando uma língua se perde, leva junto a memória e o repertório cultural da comunidade em questão. Temas de suas pesquisas há mais de 30 anos, os indígenas Kaiowá têm distintos verbos para designar o ato de pescar, que variam conforme o tamanho dos animais coletados e as técnicas utilizadas. “As diferentes palavras usadas para designar a pesca, por exemplo, trazem com elas conhecimentos sobre o tamanho do peixe e os instrumentos que devem ser utilizados. Os vocábulos são capazes de revelar um conhecimento técnico impossível de ser acessado sem o domínio da língua”, argumenta Chamorro.

Todos os idiomas falados por menos de 100 mil pessoas no mundo estão ameaçados de extinção, conforme um atlas publicado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) em 2010. Esse é o caso de todas as línguas indígenas do Brasil. “O kaiowá e o guarani, idiomas irmãos muito próximos, somam 26,5 mil falantes em Mato Grosso do Sul”, enumera. Nascida no Paraguai, a língua materna da pesquisadora é o guarani daquele país. Mas quando começou a pesquisar os Kaiowá em Mato Grosso do Sul, em 1983, percebeu que não compreendia o que eles falavam. A dificuldade a levou a estudar o kaiowá e a criar glossários, trabalhos que, em 2017, deram origem a um projeto de dicionário. Foi assim que em 2023 Chamorro

publicou um dicionário kaiowá-português com mais de 6 mil palavras traduzidas, além de notas culturais e linguísticas que evidenciam a visão de mundo do povo Kaiowá. O livro, lançado pela editora Javali, foi produzido a partir da colaboração entre indígenas e não indígenas.

Chamorro cita dicionários históricos de idiomas indígenas, como o vocabulário desenvolvido pelo jesuíta Antonio Ruiz de Montoya (1585-1652), que serviu de base para o estudo de línguas do grupo guarani, do qual o kaiowá faz parte. Além disso, em 2014, durante pesquisa de mestrado realizada na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Eliane Berendina Loman de Barros, da Associação Linguística Evangélica Missionária, criou um dicionário bilíngue kaiowá-português, ainda não publicado como livro. “A língua kaiowá é estudada há mais de 60 anos por linguistas dessa associação, com o intuito de traduzir a Bíblia, hinos, ensinamentos cristãos e conceitos externos à cultura da etnia. No meu caso, fiz o caminho inverso”, explica Chamorro. Ou seja, segundo a pesquisadora, estudos realizados por esses religiosos foram elaborados, em última instância, para levar suas mensagens aos indígenas, utilizando o kaiowá para traduzir conceitos e ideias do português. Diferentemente deles, Chamorro apresenta no dicionário as palavras kaiowá “vestidas da cultura kaiowá”. Traduzidas ao português, elas buscam aproximar duas experiências linguísticas e culturais, que muitas vezes revelam aspectos filosóficos profundos do povo Kaiowá. Um desafio do processo foi realizar a tradução de palavras como *avy’a*, por exemplo – verbo pleno em kaiowá, seria o equivalente a “eu feliz” ou “eu feliza”. Como esse verbo não existe em português, no dicionário foi traduzido como “eu estou feliz”.

“Dicionários de línguas indígenas contribuem para combater o risco de extinção desses idiomas, incentivando sua revitalização na modalidade escrita”, diz. No entanto, segundo ela, a vitalidade dessas línguas depende, sobretudo, de seu uso na forma falada. “Nesse sentido, meu trabalho é um alerta para o povo Kaiowá sobre a necessidade de utilizar o kaiowá não apenas no ambiente familiar, mas também em espaços públicos”, avalia a pesquisadora (ver Pesquisa FAPESP nº 273).

A linguista e pedagoga Ronice Müller de Quadros, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), menciona que a Língua Brasileira de Sinais (Libras), utilizada pela comunidade surda do Brasil, especialmente em áreas urbanas, está em processo de ser patrimoniada pelo Iphan. Para que isso aconteça, a língua deve ter sido descrita, documentada e inventariada por pesquisadores. Especialistas de todo o Brasil têm trabalhado com a Libras, incluindo o grupo de pesquisa que ela

coordena desde 2014, que reúne 35 pessoas. Um dos resultados dos estudos conduzidos por essa rede, que atua em parceria com pesquisadores surdos de todo o Brasil, foi a publicação de uma gramática on-line de Libras pela editora Arara Azul, em 2021, também disponível no site da UFSC. A obra foi reeditada em 2023 pelo Instituto Nacional de Educação de Surdos em dois volumes ampliados e atualizados e que somam mais de mil páginas. “A edição da gramática é um marco significativo no processo de reconhecimento da língua. Entretanto há muito que avançar”, diz Quadros. Nesse sentido, a estudiosa explica que a Libras se vale de recursos visuais e espaciais mais do que outras línguas, sendo possível, por exemplo, utilizar as duas mãos para produzir significados múltiplos e simultâneos. “Precisamos realizar estudos para investigar esses sentidos complexos”, propõe.

Reconhecida como meio legal de comunicação e expressão dos surdos por meio da Lei nº 10.436, de 2002, a Libras se consolidou como objeto de pesquisas acadêmicas a partir de 2006, quando foram criados os primeiros cursos de licenciatura no idioma. Na época, a UFSC e outras nove instituições, incluindo a Universidade de São Paulo (USP), passaram a ofertar essa modalidade de graduação. Hoje, são oferecidos cerca de 40 cursos de licenciatura em Libras, especialmente em universidades públicas, cobrindo todos os estados do país. Outro marco legal significativo foi a alteração, em 2021, da Lei de Diretrizes e Bases (LDB), para incluir a educação bilíngue de surdos como uma modalidade separada da educação, da mesma forma que acontece com a educação indígena. Com isso, todas as redes de ensino passaram a ter de oferecer serviço de apoio educacional para atender às especificidades linguísticas de estudantes surdos, incluindo docentes bilíngues em Libras e português e material didático disponível em língua de sinais.

“A medida está sendo implementada agora pelas redes de ensino”, relata a fonoaudióloga Cristina Broglia Feitosa de Lacerda, docente do programa de pós-graduação em Educação Especial da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Segundo a pesquisadora, os estudantes podem ser matriculados tanto em escolas regulares como em instituições específicas para surdos. Na rede municipal de São Paulo, há seis unidades exclusivas para pessoas com essa característica.

De acordo com Lacerda, apesar de ter avançado na oferta de cursos de formação de professores para atuar na educação bilíngue em Libras, o Brasil enfrenta hoje o desafio de criar instrumentos para

medir o desenvolvimento dessas crianças em sala de aula. A fonoaudióloga explica que, atualmente, os professores analisam a evolução dos alunos valendo-se de critérios subjetivos e as instituições de ensino não dispõem de parâmetros claros para elaborar ações específicas e impulsionar sua aprendizagem. Atenta a essa lacuna, por meio de pesquisa financiada pela FAPESP, concluída em 2023 e elaborada em parceria com pesquisadores da Universidade de Barcelona, na Espanha, Lacerda criou um instrumento para avaliar os avanços de crianças surdas no uso da Libras. Para isso, ela analisou o desenvolvimento de narrativas de 100 alunos com essa característica em escolas em São Paulo, criando uma metodologia que estabelece critérios comuns a serem aplicados em avaliações de outros estudantes surdos.

Além da Libras, o Brasil conta com ao menos outras 22 línguas de sinais de comunidades surdas, conforme identificou pesquisa de doutorado defendida em 2023 pela linguista Diná Souza da Silva, sob orientação de Quadros, da UFSC. “Os idiomas foram desenvolvidos por comunidades isoladas, que não têm contato com a Libras e criaram formas próprias para poder se comunicar”, explica Quadros. Uma dessas línguas é a Cena, utilizada por uma comunidade de surdos da cidade de Várzea Queimada, no interior do Piauí. “Ela é considerada autóctone, ou seja, foi criada sem receber a influência de outra, e está em uso por cerca de 90 anos”, conta o linguista Anderson Almeida da Silva, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que elabora estudos com a comunidade desde 2017. Com cerca de mil habitantes, o município tem hoje 33 indivíduos surdos. Segundo Almeida-Silva, a incidência decorre da ocorrência de muitos casamentos consanguíneos realizados no passado. “A Cena corre o risco de desaparecer, já que a última pessoa nascida com surdez na localidade hoje tem 17 anos”, afirma. Apesar de existir uma escola com ensino de Libras na cidade, a Cena ainda é muito utilizada, especialmente pelos mais velhos.

ALÉM DA LIBRAS, O BRASIL CONTA COM OUTRAS LÍNGUAS DE SINAIS, COMO É O CASO DA CENA, UTILIZADA NO INTERIOR DO PIAUÍ



Como resultado de pesquisas elaboradas por Almeida-Silva e uma equipe de especialistas, incluindo a comunidade de surdos de Várzea Queimada, em dezembro de 2023 foi lançado o primeiro dicionário de Cena com equivalentes em Libras e português, contendo 250 palavras. Patrocinada pelo governo do estado do Piauí, a edição teve 500 exemplares impressos e deverá ganhar versão em e-book este ano. “O dicionário permite resguardar a memória do idioma e fortalecer a identidade da comunidade”, enfatiza.

Também com o propósito de ampliar a compreensão de línguas de sinais utilizadas em pequenas comunidades surdas brasileiras, Rodrigues, da Unesp, iniciou em 2023 uma pesquisa, com financiamento da FAPESP, sobre línguas de sinais emergentes usadas nos municípios de Boa Vista (RR), Buriti dos Lopes (PI), Tiros (MG), Umuarama (PR), Várzea Queimada (PI), Vila de Fortalezinha (PA), Centro Novo do Maranhão (MA) e Centro do Guilherme (MA). “Queremos comparar a idade dessas línguas, o número de gerações que as utilizam e o modo como elas se estabeleceram e são estruturadas linguisticamente. O objetivo final é produzir um banco de dados virtual, aberto para consulta pública”, informa Rodrigues. “Queremos ampliar a compreensão e disseminar o conhecimento sobre a diversidade linguística existente no Brasil, colaborando com a formulação de políticas públicas que considerem as singularidades da população”, destaca.

Avanços recentes nesse sentido foram obtidos no Poder Judiciário em relação ao reconhecimento da pluralidade linguística brasileira. A jurista Inês Virgínia Prado Soares, desembargadora federal, estudou a diversidade linguística

durante sua pesquisa de doutorado na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), defendida em 2007. Em 2009, em livro elaborado sobre o Patrimônio Cultural Brasileiro, ela analisou os mecanismos jurídicos de proteção de falares brasileiros. Soares esclarece que a Constituição Federal conta com um artigo que estabelece o português como idioma oficial do Brasil. Ao mesmo tempo, dispõe de outro artigo afirmando que indígenas, migrantes e outros cidadãos têm o direito de falar em suas línguas maternas em espaços e relações privadas e, em algumas situações, no caso de falares brasileiros, nas relações com o poder público. “Tenho escrito textos para analisar as normas do país relativas ao tema, para compreender como a determinação constitucional do monolinguismo convive com o direito à diversidade linguística”, detalha. Durante a pesquisa, a jurista encontrou o caso do pedido de *habeas corpus* feito pelo paraguaio detido no Brasil – relatado no início desta reportagem –, que foi negado pelo STF. Um primeiro passo para evitar que solicitações como essa sejam recusadas somente por não estarem redigidas no idioma oficial aconteceu em 2023, quando o Conselho da Justiça Federal publicou enunciados aprovados na Primeira Jornada de Direito do Patrimônio Cultural e Natural, realizada no começo do ano. Um deles sustenta que as pessoas devem poder se expressar no Judiciário em outras línguas ou variantes do português, ou seja, por meio dos falares brasileiros. “Os enunciados não têm força de lei, mas funcionam como guias para orientar o trabalho de juízes. Assim, colaboram para ampliar o direito de acesso à Justiça no país”, conclui Soares. ■

Os projetos, o artigo científico e o livro consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

CINEMA



CIÊNCIA NA TELA

Frames do filme *A influência do álcool nas atividades psicomotoras envolvidas no ato de dirigir veículos* (1978), de Arlindo Machado

Festivais buscam divulgar conteúdo científico por meio da linguagem audiovisual

Letícia Naísa

Na década de 1970, o teórico e curador de arte Arlindo Machado (1949-2020), um dos pioneiros no campo de mídias e artes digitais no Brasil, envolveu-se com estudos do Departamento de Psicobiologia da Escola Paulista de Medicina (EPM), uma das unidades da atual Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).

Enquanto os integrantes do laboratório liderado pelo médico Sérgio Tufik estavam preocupados em investigar os efeitos da bebida ao volante ou os impactos da privação de sono em camundongos, Machado buscava soluções para registrar com sua câmera os objetos de pesquisa sem interferir nos experimentos. Assim nasceram os filmes *A influência do álcool nas atividades psicomotoras envolvidas no ato de dirigir veículos* (1978) e *Sistemas dopaminérgicos cerebrais* (1979).

Para filmar esse último trabalho, por exemplo, Machado utilizou lentes especiais de aproximação e produziu caixas com uma das paredes de vidro. “Eu, de minha parte, dava palpites no sentido de adaptar os dispositivos de investigação para uma melhor visualização em termos de luz, enquadramento, proximidade, captação dos sons naturais etc., mas de tal forma a não interferir no comportamento dos ratos, tornando-nos mais invisíveis possível a eles”, escreveu Machado, que foi professor da Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (ECA-USP) e da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), no artigo “O cinema científico”, publicado em 2014.

As duas produções de Machado foram exibidas na quarta edição do Festival de Filmes Científicos (FeFiCi), realizada no final de 2022, no Centro Cultural Banco do Brasil, em São Paulo, com apoio da FAPESP. A digitalização do material esteve a cargo de Jane de Almeida, professora do curso de comunicação e multimeios da PUC-SP, que localizou os curtas-metragens durante pesquisa para escrever um artigo a respeito do cinema científico de Machado, publicado em 2022. “São filmes pouco conhecidos de Arlindo”, conta Almeida. “Ele se encantou pelo cinema científico e produziu reflexões sobre o assunto.”

Almeida é uma das criadoras do FeFiCi, junto com o jornalista Alfredo Suppia, professor do Instituto de Artes da Universidade Estadual de Campinas (IA-Unicamp), e o psicólogo e comuni-

cador Cícero Silva, docente do curso de tecnologia em design educacional da Unifesp. O trio está à frente do Laboratório de Imagem Científica (LIC), sediado na Unicamp. Em suas quatro edições, o festival que surgiu em 2019 mostrou produções audiovisuais brasileiras realizadas por integrantes do LIC-Unicamp e alunos de graduação. Os documentários abrangem diferentes campos da ciência, como medicina e física, mas o evento também abre espaço para obras de ficção científica e animação.

Em geral, a programação transita entre filmes de divulgação científica e filmes científicos. “Arlindo Machado propunha uma distinção entre as duas categorias”, informa o historiador Rafael Zanatto, que concluiu em julho estágio de pós-doutorado no Programa de Pósgraduação em Meios e Processos Audiovisuais, da ECA-USP, com bolsa da FAPESP. Dentre outros assuntos, Zanatto investigou o Festival de Cinema Científico e Educativo, realizado em 1954, na cidade de São Paulo (ver box na página 85). “Para Machado, o cinema de divulgação científica tem fins didáticos e lida com um conhecimento já discutido e aceito no meio científico, com o objetivo de formar novas gerações de pesquisadores.” Por outro lado, o cinema científico seria aquele feito dentro de grupos de pesquisa que, em geral, estão investigando assuntos ainda sem resposta. No caso, como escreve Machado, “geralmente, o próprio cineasta é também cientista ou, se não é, sabe integrar-se com o seu saber específico nos objetivos perseguidos pelo grupo”.

Um dos filmes científicos exibidos pelo FeFiCi é *Olhos a mil fotogramas* (2022), dirigido por Almeida e Silva, do LIC-Unicamp. O curta-metragem registra uma cirurgia refrativa feita a laser para correção de problemas oftalmológicos como miopia, astigmatismo e hipermetropia. Realizada com câmera de alta definição, a filmagem foi acompanhada pela equipe do oftalmologista Paulo Schor, da Unifesp. “No cinema científico existe uma parceria entre cineasta e cientista: eles pensam juntos o processo de filmagem de acordo com suas expertises”, explica Suppia, do LIC-Unicamp. “O cineasta sugere, por exemplo, o equipamento mais adequado para determinada captação de imagem.”

De acordo com Almeida, a inspiração para criar o FeFiCi veio de iniciativas internacionais, como o Pariscience International Film Festival, que sur-



1



2

A partir da esquerda, cartazes do Imagine Science Film Festival, de 2023, e da 13ª edição do International Uranium Film Festival, prevista para 2024

giu em 2005, na França, e o Imagine Science Film Festival, criado em 2008, na cidade de Nova York (EUA). Em relação a esse último, a edição de 2023, realizada em outubro, exibiu na mostra competitiva 64 produções de países como Dinamarca, Canadá e Filipinas. O Brasil foi representado por dois documentários, ambos de 2023. Um deles é *Holding up the sky*, filme etnográfico de Pieter Van Eecke, diretor belga radicado na América do Sul, protagonizado por Davi Kopenawa, líder dos Yanomami. Já o outro longa-metragem, *Rejeito*, dirigido pelo brasileiro Pedro de Filippis, denuncia os danos ambientais provocados pelo rompimento de barragens com detritos da mineração em Minas Gerais.

Com a quinta edição prevista para maio de 2024, o FeFiCi é um dos poucos festivais do gênero em atividade no país. “É importante que eles existam para dar visibilidade a esse tipo de filme e, assim, incentivar a produção desse conteúdo no Brasil”, defende Almeida. Na mesma linha, a socióloga carioca Márcia Gomes de Oliveira promove desde 2011 o International Uranium Film Festival (Iuff), em parceria com Norbert Suchanek, jornalista, documentarista e engenheiro quí-

mico alemão que vive no Brasil. O festival reúne documentários e obras ficcionais com temática específica, conforme sinaliza o título do evento. “Nosso foco é discutir a energia nuclear e seus riscos”, diz Oliveira, professora da Fundação de Apoio à Escola Técnica do Estado do Rio de Janeiro (Faetec). “A cada ano, recebemos muitos filmes da Europa, Ásia, Oceania e América do Norte, mas ainda há pouca produção no Brasil e restante da América Latina.”

A 12ª edição do Iuff, realizada em maio de 2023, na Cinemateca do Museu de Arte Moderna (MAM) do Rio de Janeiro, apresentou 17 produções audiovisuais independentes, como o documentário *Downwind* (EUA, 2023), que ouviu ativistas e moradores de uma área de testes nucleares em Nevada, nos Estados Unidos. Apenas dois filmes tinham vínculo com o Brasil. O primeiro é *Devil's work* (2015), ficção baseada em fatos reais dirigida pelo cineasta carioca Miguel Silveira, radicado nos Estados Unidos. A história acompanha um adolescente cujo pai,

Cena do documentário *Parceiros da floresta*, de Fred Rahal Mauro, exibido em 2023 no Science Film Festival



3

BRASIL PROMOVEU FESTIVAL CIENTÍFICO E EDUCATIVO NOS ANOS 1950

Evento exibiu filmes de 17 países e gerou discussões sobre esse tipo de produção

Os primeiros festivais de filmes voltados à divulgação da ciência surgiram na Europa, no final da primeira metade do século XX, afirma o historiador Rafael Zanatto. Uma das referências nesse campo, diz, foi o francês Jean Painlevé (1902-1989), que nos anos 1940 e 1950 presidiu a Associação Internacional de Cinema Científico (AICC), criada em 1947, na França, e sediada em Bruxelas, na Bélgica. Com formação em matemática, medicina e ciências naturais, Painlevé também se dedicou a registrar imagens em movimento da vida animal que renderam filmes como *O cavalo marinho* (1934). Para não danificar a câmera durante as filmagens, o fotógrafo e cineasta criou uma caixa à prova d'água para acomodar o equipamento.

Em 1954, Painlevé veio ao Brasil para prestigiar o Festival de Cinema Científico e Educativo, promovido entre 15 e 25 de fevereiro, no Museu de Arte Moderna (MAM) de São Paulo. Com apoio da AICC, a mostra foi coordenada pelo cardiologista

Pedro Gouveia Filho, presidente do Instituto Nacional de Cinema Educativo, o Ince (ver Pesquisa FAPESP nº 271), e pelo repórter e fotógrafo Benedito Junqueira Duarte (1910-1995), que gravou mais de 500 filmes na área médica a partir dos anos 1940 e se tornou referência no cinema científico brasileiro (ver Pesquisa FAPESP nº 288). O evento fez parte do I Festival Internacional de Cinema do Brasil, realizado no âmbito da comemoração do IV Centenário de São Paulo.

De acordo com o historiador, que no estágio pós-doutoral na ECA-USP escreveu artigo sobre o Festival de Cinema Científico e Educativo, a programação apresentou documentários científicos e de divulgação científica brasileiros e estrangeiros.

Da seleção fizeram parte títulos como *Miocárdio em cultura* (1942), dirigido pelo cineasta Humberto Mauro (1897-1983), com colaboração do bioquímico Carlos Chagas Filho (1910-2000), da Universidade do Brasil, atual Universidade Federal do Rio



Imagens do filme *O cavalo marinho* (1934), do francês Jean Painlevé

de Janeiro (UFRJ). “Ao reunir filmes de 17 países, o festival mostrou ao público brasileiro o que estava sendo feito no mundo em termos de produção de conteúdo científico e também gerou discussões sobre a natureza desse tipo de cinema”, conta Zanatto. “A iniciativa não teve continuidade, porém outros festivais do gênero foram realizados no país a partir da década de 1960”, finaliza.

soldado do Exército norte-americano, morre após ser contaminado por urânio empobrecido, na guerra do Golfo (1990-1991). O outro, *Segurança nuclear* (2019), é um curta documental de Suchanek que trata do perigo de resíduos radioativos a partir de episódios como o acidente com césio-137 ocorrido em Goiânia (GO), na década de 1980.

A primeira edição do festival, em 2011, foi promovida no Rio de Janeiro. Desde então, o evento já passou por lugares como Alemanha, Jordânia, Estados Unidos, Canadá e Portugal. Durante a pandemia de Covid-19, entre 2020 e 2022, ganhou versão on-line. Segundo os organizadores, os filmes são produzidos por cineastas leigos ou com formação científica e eventualmente por cientistas. Uma comissão composta por pesquisadores, como o radiobiólogo Alphonse Kelecom, do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal Fluminense (UFF), avalia o conteúdo de todas as obras inscritas.

Outro exemplo de festival voltado à divulgação de conteúdo científico é o Science Film Festival (SFF). O evento estreou em 2005 em Bangcoc, na

Tailândia, por iniciativa do Instituto Goethe local, e espalhou-se por outros países da Ásia, África e América Latina. No Brasil é realizado desde 2019, em parceria com a MídiaTiva, organização não governamental (ONG) sediada em São Paulo. A quinta edição brasileira teve como tema a sustentabilidade e, entre outubro e dezembro de 2023, exibiu 48 produções audiovisuais, entre filmes e programas de televisão, de 21 países. Além do acesso ao conteúdo on-line, houve eventos presenciais e exibições na capital paulista. “Na curadoria buscamos contemplar produções divertidas e inspiradoras para despertar a curiosidade de crianças e adolescentes, que são nosso público-alvo ao lado de professores da educação básica”, conta Thaís Oliveira, coordenadora-geral do SFF no país. Para Beth Carmona, diretora da MídiaTiva, a linguagem audiovisual tem muito a fazer pela ciência. “Mas é preciso incentivo público e privado para que isso aconteça”, conclui. ■

O projeto e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

Código de Educação
incentivou a
educação física,
incluindo meninas



MEMÓRIA

UMA NOVA ORGANIZAÇÃO PARA O ENSINO PAULISTA

Em 1933, o Código de Educação estabeleceu regras para a construção de escolas, valorizou a formação de professores e criou um modelo educacional

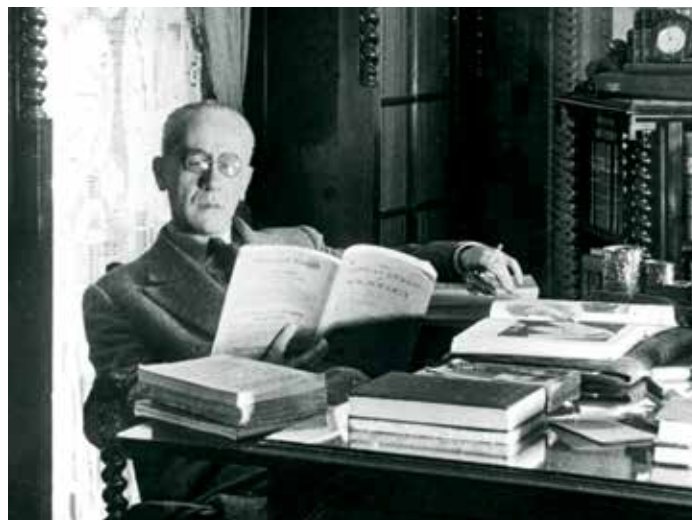
Suzel Tunes

Limitada, incompleta, desigual: assim era a educação brasileira no começo do século XX. “As poucas escolas públicas existentes nas cidades eram frequentadas pelos filhos das famílias de classe média. Os ricos contratavam preceptores, geralmente estrangeiros, que ministravam aos filhos o ensino em casa, ou os mandavam a alguns poucos colégios particulares, leigos ou religiosos, funcionando nas principais capitais, em regime de internato ou semi-internato [...]”. Em todo o vasto interior do país havia algumas precárias escolinhas rurais, em cuja maioria trabalhavam professores sem qualquer formação profissional, que atendiam às populações dispersas em imensas áreas”, relata o educador Paschoal Lemme (1904-1997), integrante de um movimento de renovação educacional que tinha por objetivo a transformação dessa realidade, em um artigo de 1984 na *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*.

Conhecido como “Escola Nova” ou “Escola Ativa”, esse movimento espalhou-se pela Europa e pelos Estados Unidos desde o final do século XIX. No Brasil, ganhou força principalmente após a Primeira Guerra Mundial, por influência norte-americana, e defendia ensino público gratuito, obrigatório e universal. A centralidade da criança no processo de aprendizagem era outra bandeira do movimento. Para o filósofo e pedagogo norte-americano John Dewey (1859-1952), um dos principais teóricos da Escola Nova, essa seria a “revolução copernicana” do ensino: “[...] é uma revolução não muito diferente da que Copérnico iniciou ao transferir o centro astronômico da Terra para o Sol. No caso em análise, a criança converte-se no Sol em volta do qual gravitam os instrumentos da educação; ela é o centro em torno do qual estes se organizam”, escreve Dewey no livro *A escola e a sociedade: A criança e o currículo* (Relógio D’Água, Lisboa, 2002). “Nessa nova concepção da escola, que é uma reação contra as tendências exclusivamente passivas, intelectualistas e verbalistas da escola tradicional, a atividade que está na base de todos os seus trabalhos é a atividade espontânea, alegre e fecunda, dirigida à satisfação das necessidades do próprio indivíduo”, proclama o *Manifesto dos pioneiros da educação nova*, documento que apresentou ao Brasil o movimento revolucionário.

Em março de 1932, o *Manifesto dos pioneiros* foi publicado em vários órgãos de imprensa, com a assinatura de 26 educadores e intelectuais de renome, como Anísio Teixeira (1900-1971),

Fernando de Azevedo, autor do Código de Educação, em foto dos anos 1950



que na ocasião era diretor da Instrução Pública do Distrito Federal; Júlio de Mesquita Filho (1892-1969), proprietário do jornal *O Estado de S. Paulo*; a escritora Cecília Meireles (1901-1964); e o educador e sociólogo Fernando de Azevedo (1892-1974), seu redator e primeiro signatário.

Azevedo também seria o responsável pela elaboração do Decreto nº 5.884, o Código de Educação, lançado em abril de 1933 para organizar o ensino no estado de São Paulo sob as diretrizes teóricas do manifesto. Para a pedagoga Rosa Fátima de Souza Chaloba, professora de história da educação na Universidade Estadual Paulista (Unesp), *campus* de Araraquara, o Código influenciou significativamente a educação no estado. Segundo ela, considerar a criança no centro do processo educativo e “aprender fazendo”, por meio da observação, pesquisa e experiência, é um conceito pedagógi-

co que ecoa até os dias de hoje. “Mas o maior impacto desse documento foi a defesa da escola pública e da universalização do ensino.”

O DIREITO À EDUCAÇÃO

O *Manifesto dos pioneiros da educação nova* reconhecia o ensino como “função essencialmente pública” e defendia “o direito de cada indivíduo à sua educação integral”. Ao assumir a diretoria da Instrução Pública de São Paulo, Fernando de Azevedo trabalhou para que esse direito se concretizasse no estado. Ele sabia que poderia não ter muito tempo para formalizar as reformas que almejava, pois São Paulo vivia um período de grande instabilidade política desde a Revolução de 1930. “De outubro de 1930 a dezembro de 1932, oito interventores ocuparam o governo, e passaram pela Diretoria da Instrução Pública três diretores”, enumera Chaloba. Azevedo ficou



A Escola Normal Caetano de Campos, transformada em 1933 em instituto para formação de professores em nível universitário



O Código promoveu a expansão dos então chamados grupos escolares no interior paulista, como o de São José do Rio Preto, construído em 1916, e o de Itatinga, de 1910

de Educação Caetano de Campos tinha por fim formar professores primários e secundários, além de diretores e inspetores de escolas, e manter cursos de aperfeiçoamento para os membros do magistério. Foi a primeira instituição a promover a formação de professores em nível universitário em São Paulo.

Além da Escola de Professores, o Caetano de Campos compunha-se de uma biblioteca e das escolas de aplicação: jardim da infância, escola primária e escola secundária. Em 1934, a Escola de Professores passou a integrar a recém-criada USP. Concretizava-se, assim, o plano exposto no *Manifesto dos pioneiros*, que afirmava estar a universidade “no ápice de todas as instituições educativas” e “destinada, nas sociedades modernas, a desenvolver um papel cada vez mais importante na formação das elites de pensadores, sábios, cientistas, técnicos e educadores”. Para os escolanovistas, o professorado de todos os graus deveria fazer parte dessa elite intelectual, preparando-se “em cursos universitários, em faculdades ou escolas normais elevadas ao nível superior e incorporadas às universidades”.

DO IDEAL À REALIDADE

Segundo Chaloba, o modelo de ensino da capital paulista multiplicou-se por todo o estado, que chegou a ter 126 institutos de educação, formando professores sob as orientações da Escola Nova. Os ideais escolanovistas, no entanto, esbarraram na realidade. “A pedagogia nova encantou a maioria dos professores, mas a estrutura do ensino permaneceu tradicional, até mesmo na organização física das escolas, com carteiras voltadas para a mesa do professor, como centro do processo. E poucas unidades escolares conseguiram instalar a infraestrutura que a Escola Nova requeria”, afirma o filósofo Dermeval Saviani, docente aposentado e colaborador da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Ele avalia que, a despeito dos esforços de Fernando de Azevedo, os ideais da Escola Nova se efetivaram, basicamente, em escolas experimentais ou em instituições de ensino voltadas à elite.

Para Ecar, do IEA-USP, dos 15 serviços técnicos estabelecidos pelo Código de Educação (além do Serviço de Prédios, havia aqueles destinados à instalação das bibliotecas e museus, rádio e cine-

apenas seis meses no cargo (de janeiro a julho de 1933), mas conseguiu sistematizar, em um decreto com 992 artigos, uma nova organização para o ensino paulista. Sob sua supervisão, duas comissões trabalharam no texto do Código de Educação, que foi concluído e aprovado em menos de três meses.

“Onde quer que haja, em área de 2 quilômetros de raio, 200 crianças necessitadas de escola, será criado um grupo escolar”, determinava o artigo 267 do Código de Educação. Era urgente ampliar número de vagas escolares. De acordo com o Recenseamento Escolar de 1920, o número de analfabetos chegava a 74,2% das crianças no estado. “Esse cenário demorou a mudar. Até por volta dos anos 1950, quase a metade das crianças paulistas estava fora da escola”, diz Chaloba. De acordo com a pesquisadora, a falta de vagas para atender a demanda desafiou o princípio da obrigatoriedade escolar durante boa parte do século XX.

Para fazer frente a esse desafio, Azevedo estabeleceu no Código de Educação uma nova política de construção de escolas, criando o Serviço de Prédios e Instalações Escolares. “A maioria das escolas funcionava então em imóveis alugados, o estado gastava muito dinheiro com aluguel”,

conta a pedagoga Ariadne Lopes Ecar, pesquisadora da cátedra de Educação Básica Alfredo Bosi do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (IEA-USP). Segundo a pesquisadora, muitos desses prédios, inadequadamente adaptados para abrigar escolas, não tinham condições de oferecer as atividades e a estrutura pedagógica que o Código de Educação prescrevia, de acordo com os parâmetros da “escola ativa”: biblioteca e museu escolar em cada unidade de ensino “desde o pré-primário até o de grau superior”, serviço de rádio e cinema educativo, aulas de música e canto coral, atendimento médico e dentário.

O Decreto nº 5.884 determinava também a instalação de escolas maternais em estabelecimentos fabris para filhos de operários. Segundo Chaloba, o *Anuário do ensino do estado de São Paulo 1936-1937*, organizado pelo diretor de Ensino Antonio Ferreira de Almeida Júnior (1892-1971), citou apenas quatro escolas maternais em fábricas, auxiliadas pelo estado.

Um dos destaques do Código é a organização do Instituto de Educação, criado apenas dois meses antes (em fevereiro de 1933), pelo Decreto nº 5.846, que transformava a Escola Normal Caetano de Campos em instituição para formação de professores em nível universitário. De acordo com o artigo 629, o Instituto

ma, extensão cultural para adultos etc.), o que mais se consolidou foi o Serviço de Obras Sociais Escolares. Competia ao diretor desse serviço, por exemplo, o apoio à Associação de Pais e Mestres e à organização de caixas e cooperativas escolares para apoiar os alunos mais carentes. “A intervenção social era uma forma de garantir a frequência e evitar a evasão”, diz a pesquisadora. O Serviço de Higiene e Educação Sanitária Escolar também logrou algum êxito na área de assistência médica e dentária: “Nem todas as escolas tinham consultórios, mas havia itinerância de médicos e dentistas na rede”, informa Ecar.

“O Código tem um simbolismo histórico pela renovação que propunha, mas a concretização dele foi difícil. Para a implantação dos serviços previstos teria sido necessário contratar muito mais gente, o que não foi possível em todas as escolas. Ainda assim, houve esforços individuais, por diretores e professores entusiasmados com os ideais escolanovistas”, considera Chaloba.

Os princípios da Escola Nova permaneceram como orientação oficial do ensino paulista até 1971, quando o governo militar instituiu uma reforma na estrutura e no currículo da educação básica. “Foi uma reforma muito drástica, implantada em um contexto autoritário. Ela estabeleceu uma grande expansão do número de vagas, mas com



Alunas e professoras da Escola Normal Padre Anchieta visitam o Grupo Escolar do Butantan, em 1936

precarização do trabalho docente”, afirma Chaloba. Para Saviani, essa reforma também se baseou em uma significativa mudança de ordem conceitual: “A reforma da década de 1970 mudou o eixo da educação”. Ele explica que, se a Escola Nova buscava deslocar o centro do ensino do professor para o aluno, agora ambos teriam que se subordinar a métodos e técnicas que visavam à eficiência e à produtividade. Foi o que se chamou de “pedagogia tecnicista”. “A pedagogia tecnicista é a transposição da organização fabril para o ensino”, resume.

A reforma de 1971 criou cursos profissionalizantes no segundo grau (atual ensino médio), mas depois o governo revogou a medida, que exigia investimentos

em infraestrutura. Meio século depois, o currículo da educação secundária voltaria à discussão no bojo da Reforma do Ensino Médio (Lei nº 13.415/2017), que instituiu disciplinas voltadas ao mercado de trabalho, em detrimento da formação básica.

Carmen Sylvia Vidigal Moraes, professora da Faculdade de Educação e coordenadora do Centro de Memória da Educação da USP, lembra que a reforma, afastando-se do ideal proclamado pelo *Manifesto dos pioneiros*, estabeleceria a cisão entre a educação geral propedêutica (introdutória, preparando o aluno para prosseguir nos estudos de nível superior) e a profissional, voltada à preparação para o mercado de trabalho.

O Código de Educação apenas aponta a possibilidade de bifurcação da escola secundária para “preparação às profissões de preferência de base intelectual ou manual e mecânica”. “A dualidade no ensino não apenas persistirá no estado de São Paulo como será depois adotada no plano federal por meio das Leis Orgânicas do Ensino de 1942, cujo modelo é o da organização do ensino médio definida no Código de Educação do Estado de São Paulo”, comenta Moraes.

Para Chaloba, o Brasil conseguiu avançar na expansão do acesso à escola, mas ainda tem o desafio do acesso ao conhecimento. A escola pública de qualidade, universal e gratuita, que inspirou o Código de 1933, e a estruturação de um ensino médio de formação de ampla e consistente continuum sendo ideais a serem perseguidos. ■



Alunos trabalham na horta da escola do Butantan, em São Paulo, que conciliava disciplinas do programa oficial com atividades rurais

DURO NA QUEDA

Como o médico Sandro Matas aprendeu a conviver com a deficiência física e lutou para tornar a Unifesp mais inclusiva



Sandro Matas no prédio da antiga Escola Paulista de Medicina, hoje Unifesp, onde trabalha desde os anos 1980

Meu pai me ensinou a nunca depender de ninguém. Eu caí um milhão de vezes, e sempre levantei sozinho do chão. Não gosto que me ajudem. Meu pai dizia que, no dia em que caísse e não conseguisse levantar sozinho, era porque minha vida estava chegando ao fim.

Tive paralisia infantil aos 6 meses de idade. Meus pais não quiseram me colocar em escolas especiais para pessoas com deficiência nem que eu usasse cadeira de rodas, porque sabiam que eu teria muita dificuldade para fazer tudo que precisaria fazer. Também insistiram com os médicos para que eu andasse com aparelho ortopédico e bengala. Consegui me adaptar bem.

Eu queria fazer computação, depois pensei em engenharia e física nuclear, mas meu pai não deixou. Ele achava que eu tinha que fazer medicina, e acabei me convencendo. Resolvi que iria estudar neurologia, para tentar entender o que tinha acontecido comigo e quem sabe pesquisar alguma coisa que pudesse melhorar a vida de outras pessoas que têm paraplegia.

Entrei em 1979 na Escola Paulista de Medicina [EPM], hoje parte da Universidade Federal de São Paulo [Unifesp]. Naquela época, não se falava em acessibilidade. Mas também nunca reclamei. Onde houvesse um curso que me interessasse, eu ia. Se tinha que subir escada, ia mais devagar, mas subia. Eram quatro lances

de escada para chegar à biblioteca. Quando ia até lá, passava seis horas estudando, porque subir e descer era difícil. Os colegas me traziam livros eventualmente.

Sempre tive muitas dúvidas sobre a profissão. Se eu seria aceito pela população como médico. Se as pessoas teriam confiança na minha capacidade de atendê-las. Se conseguiria atuar como cirurgião. Eu não poderia operar com a mão na bengala, por exemplo. Teria que usar uma cadeira de rodas e ficar dependente das enfermeiras. Eu não queria ficar dependente de ninguém. Cheguei a fazer um curso de técnica cirúrgica por dois anos, mas acabei optando pela clínica.

Me aproximei da neurologia na graduação e gostei muito de infectologia

também. Nos anos de residência no Hospital São Paulo, comecei a dar plantões colhendo líquido da espinha dorsal dos pacientes. Passei a vida fazendo punções no laboratório, que hoje coordeno. O líquido é uma fonte muito preciosa de informações sobre doenças neurológicas, de infecções a tumores e doenças autoimunes. Eu me apaixonei por isso. Devo ter feito mais de 200 mil punções até hoje.

Meu chefe na época, o neurologista João Baptista dos Reis Filho, me estimulava a estudar e me orientou no mestrado e no doutorado. No primeiro, descobri que muitos pacientes com o vírus da Aids contraíam criptococose, infecção causada por um fungo comum nas fezes dos pombos. O risco era maior por causa da baixa imunidade, mas muitos morriam sem ter o diagnóstico. Com o exame de líquido, era possível detectar a infecção a tempo de combatê-la.

No doutorado, investiguei casos de pacientes paraplégicos que tinham uma inflamação na medula associada a um tipo raro da esquistossomose. Havia poucos relatos na literatura. Descobri que muitos se tornaram tetraplégicos porque a origem do processo inflamatório não havia sido identificada corretamente e a esquistossomose acabava ficando sem tratamento. Minha pesquisa contribuiu para que os neurologistas ficassem mais alertas para essa possibilidade.

Trabalho na EPM desde o fim da residência, em 1988, e continuei depois

que ela se tornou uma das unidades na Unifesp, criada em 1994. Hoje, além do laboratório de líquido, coordeno as áreas de neuroinfetologia e hipertensão intracraniana no Hospital São Paulo. Ajudo a treinar os residentes, ensino novos alunos e faço pesquisa nessas áreas.

Em 2008, a universidade criou um núcleo de acessibilidade e inclusão e fui chamado para organizá-lo. Na época, por decisão do governo, todas as instituições federais de ensino precisaram garantir certas condições de acessibilidade e inclusão para todos os alunos e havia recursos para fazer as adequações necessárias. Montei uma equipe multidisciplinar, com especialistas em várias deficiências.

Fizemos um mapeamento completo da infraestrutura da universidade. Tinha muita coisa para fazer. Uma vez, quebrei o pé e precisei andar de cadeira de rodas por dois meses. Eu não conseguia entrar nos banheiros do prédio. O único em que conseguia passar pela porta ficava na diretoria do hospital. Nessa época, também caí na calçada ao tentar entrar na universidade. Não havia rampa, somente degraus.

Isso não estava certo. Era preciso mexer nessas coisas para que todos pudessem circular lá dentro. Não só os alunos com deficiência, mas também médicos, pacientes do hospital e seus familiares que tivessem essa condição.

SAIBA MAIS

Portal de
acessibilidade
da Unifesp



Briguei muito. Não havia elevador para um cadeirante ir ao auditório da universidade. Quando fizeram um, era preciso subir dois lances de escada para chegar até ele. A alternativa era dar a volta no quarteirão e entrar no prédio pela garagem para pegar outro elevador. A porta vivia fechada.

O mais interessante é que foram aparecendo outros problemas, nos quais ninguém prestava atenção. Inclusive em relação aos programas acadêmicos. Quem pode fazer determinado curso? Um cego pode fazer medicina? Como um surdo consegue assistir à aula? Um paraplégico pode ser educador físico? São perguntas incômodas, muitas sem resposta. Comecei a exigir que os cursos se adequassem para atender pessoas com deficiência. Alguns colegas diziam que não podiam fazer nada se a universidade não oferecesse condições para trabalhar com esses alunos.

Fizemos trote inclusivo por vários anos. Calouros e veteranos tinham que dar a volta no quarteirão com cadeira de rodas, ou de olhos vendados, para entender que era impossível andar ali com dificuldade de locomoção, ou sem enxergar. Levei os alunos para jogar tênis de mesa com os colegas com deficiência que jogavam comigo no clube. Organizamos partidas de futebol com os cegos, todos os participantes com vendas nos olhos.

O atual sistema de cotas garante vagas em universidades para pessoas com deficiência, mas precisaríamos ter um programa que identificasse mais cedo os alunos que têm desempenho comprometido por causa de alguma deficiência. Se algumas das suas dificuldades pudessem ser sanadas antes, eles teriam condições iguais às dos outros candidatos de entrar na universidade. As cotas são como um remédio que oferece solução imediata para a doença. Seria melhor se fizéssemos um trabalho de profilaxia antes para conhecer as pessoas que têm deficiência e orientá-las de forma correta. ■

DEPOIMENTO CONCEDIDO A RICARDO BALTHAZAR



Calouros participam de partida de futebol no trote inclusivo da Unifesp, em 2011

UM INTÉRPRETE DA ÁFRICA

Diplomata, historiador e poeta, Alberto da Costa e Silva produziu obra influente sobre o continente

Diego Viana

O diplomata e historiador Alberto da Costa e Silva foi alguém que “fez de sua distração um ofício”, nos termos da historiadora Mariza de Carvalho Soares, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). Em paralelo a sua carreira no Itamaraty, que começou em 1957 e incluiu postos como a embaixada brasileira na Nigéria (1979-1983) e, cumulativamente, no Benin (1981-1983), além de Portugal (1986-1990), Colômbia (1990-1993) e Paraguai (1993-1995), Costa e Silva manteve um constante interesse na história do continente africano, que resultou em nove livros sobre o tema. Sem ter seguido uma carreira acadêmica, ele se tornou uma referência incontornável entre historiadores e outros pesquisadores.

Morto no Rio de Janeiro em 26 de novembro, aos 92 anos, Costa e Silva é reconhecido pelo pioneirismo de sua atenção ao continente africano. “O Ocidente fechava os olhos para a África e

o Brasil também. Dávamos muito mais importância ao nosso passado mítico, greco-romano. Alberto da Costa e Silva, ao contrário, foi um leitor das várias Áfricas que aportaram no Brasil”, resume a antropóloga e historiadora Lília Moritz Schwarcz, da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). “Ele não estudou apenas o tráfico, mas também o continente antes da escravidão mercantil”, prossegue Schwarcz, uma das organizadoras do livro *Três vezes Brasil: Alberto da Costa e Silva, Evaldo Cabral de Mello, José Murilo de Carvalho* (Bazar do Tempo, 2019).

O historiador Luiz Felipe de Alencastro, da Escola de Economia da Fundação Getúlio Vargas de São Paulo (EESP-FGV), aponta que antes de 2003, quando foi aprovada a Lei nº 10.639, que tornou obrigatório o ensino de história da África no ensino médio, as universidades brasileiras dedicavam pouco espaço ao tema. “Ele tinha um interesse genuíno

Alberto da Costa e Silva em 2005: sem ter seguido carreira acadêmica, tornou-se referência incontornável entre pesquisadores

pelo continente. Durante muito tempo foi uma voz isolada no país”, afirma Alencastro.

Uma de suas obras mais conhecidas é *A enxada e a lança: A África antes dos portugueses* (Nova Fronteira, 1992), que trata de todo o período que vai da pré-história até o século XV. O livro foi planejado para ser o primeiro volume de uma trilogia, cujo segundo tomo, *A manilha e o libambo* (Nova Fronteira, 2002), aborda os séculos XVI a XVIII. Por esse título, recebeu os prêmios Jabuti e Sérgio Buarque de Holanda, atribuído pela Biblioteca Nacional. Já o terceiro volume, que deveria se concentrar nos séculos XIX e XX, período em que a África foi dividida entre as potências coloniais e depois atravessou as guerras de independência, não chegou a ser publicado.

Se a historiografia brasileira da primeira metade do século deixou em segundo plano os intensos contatos entre a África e o Brasil até o século XIX, Costa e Silva foi um dos primeiros a reforçar a importância da conexão entre cidades como Rio de Janeiro, Salvador e Luanda. A expressão presente no título de um de seus livros resume a intensidade dessa interação: *Um rio chamado Atlântico: A África no Brasil e o Brasil na África* (Nova Fronteira, 2003). “Hoje, está muito consolidada uma concepção já presente na obra dele. É a ideia da circularidade que ocorria no Atlântico, envolvendo técnicas, saberes, filosofias, culinárias, linguagens. Alberto traz uma visão pioneira e uma influência tremenda nessa discussão”, diz Schwarcz.

Paulistano, Alberto Vasconcellos da Costa e Silva cresceu em Fortaleza (CE), para onde se mudou com a família aos 2 anos. Como poeta, publicou nove livros, dois dos quais receberam o prêmio Jabuti: *Ao lado de Vera* (Nova Fronteira, 1997) e *Poemas reunidos* (Nova Fronteira, 2000). Foi eleito para a Academia Brasileira de Letras (ABL) em 2000, ocupando a cadeira nº 9, e presidiu a instituição em 2002 e 2003. O historiador e diplomata era viúvo e deixa três filhos, sete netos e uma bisneta. ■



Candotti em 2018 durante workshop realizado na USP: ações para o desenvolvimento do país

DIREITO AO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Ennio Candotti destacou-se pela promoção da ciência à frente da SBPC e concebeu o Museu da Amazônia

Felipe Floresti

A construção coletiva de projetos em prol da difusão da ciência era a marca do físico ítalo-brasileiro Ennio Candotti. Professor do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IF-UFRJ) e, posteriormente, da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) até sua aposentadoria, em 2008, era movido pelo ideal de que a educação científica é o caminho para o desenvolvimento do Brasil. Naturalizado brasileiro em 1983, defendeu essa tese em seus quatro mandatos na presidência da Sociedade Brasileira para o Progres-

so da Ciência (SBPC), como idealizador e diretor-geral do Museu da Amazônia (Musa) e ao criar veículos de divulgação científica. Candotti morreu aos 81 anos no dia 6 de dezembro, em Manaus.

Nascido em Roma, na Itália, em 1942, Candotti imigrou com a família para o Brasil aos 10 anos. Formou-se em física pela Universidade de São Paulo (USP), em 1964, e retornou à Europa para estudar física teórica nas universidades de Pisa (1966-1967) e de Napoli (1970-1972), na Itália, e de Munique, na Alemanha (1968-1969). Em 1973, lecionou no ensino secundário em Milão e colaborou com a revista de divulgação científica *Sapere*.

Em 1974 voltou ao Brasil para o IF-UFRJ como professor adjunto. Em meio à ditadura militar, via na organização dos cientistas uma ação para fazer pesquisas em momentos adversos e passou a frequentar as reuniões da SBPC. “Um dia, ele me procurou com o físico Luiz Pinguelli Rosa [1942-2022] para tratar da criação de um espaço crítico para discu-

tir a ciência com os próprios cientistas”, conta o neurocientista Roberto Lent, da UFRJ, então secretário regional da SBPC. “Propus a ideia de criarmos uma revista de divulgação científica, na qual os nossos cientistas pudessem contar eles mesmos ao grande público suas realizações. Ennio não só a adotou como a tornou realidade.”

Em 1982, Candotti lançou a *Ciência Hoje* (CH), com grande sucesso. *Ciência Hoje das Crianças* (CHC), originalmente um encarte da CH desde 1986, ganhou autonomia em 1990. “Quando o Ennio sugeriu uma revista de ciências para crianças, muitos riram. Mas, ao longo dos anos, muitas pessoas nos diziam que optaram pela carreira científica por causa da CHC”, afirma o físico Alberto Passos Guimarães, diretor-presidente do Instituto Ciência Hoje (ICH).

Candotti foi eleito presidente da SBPC em 1989 e reeleito em 1991, 2003 e 2005. Suas gestões fortaleceram as secretarias regionais da entidade com a mobilização dos pesquisadores, que colaboraram na consolidação de várias fundações de amparo à pesquisa. “O Ennio era um turbilhão de ideias inovadoras, mas também um realizador com grande capacidade de articulação. Ele sempre contou com pessoas que trabalhavam em conjunto, às vezes, com pontos de vista conflitantes”, lembra o físico Ildeu de Castro Moreira, da UFRJ, editor científico da CH de 1988 a 1996 e presidente da SBPC de 2017 a 2021.

Na Reunião Anual da SBPC de 2007, realizada em Belém, Candotti sugeriu a criação de um museu na floresta. A então reitora da Universidade do Estado do Amazonas, Marilene Corrêa da Silva Freitas, convidou-o para coordenar a criação do museu que ele dirigiu até o dia de sua morte. A fundação do Musa ocorreu em 2009 para desenvolver programas de museologia, pesquisa, educação e turismo científico-cultural e ecológico, relacionados aos biomas e às culturas da região amazônica. “Candotti estava preocupado com o lugar da ciência no desenvolvimento nacional”, afirma Freitas, presidente do Conselho de Administração do Musa. “Ele lutava pela inclusão científica por acreditar que o conhecimento científico é um direito democrático de todas as pessoas.”

Candotti deixa a esposa, a física Maria Elisa da Costa Magalhães, e o filho, Fábio Magalhães Candotti, sociólogo. ■



O filósofo em 1997:
rigor acadêmico
era temperado com
vocação poética

O LADO FILOSÓFICO DAS PALAVRAS

Com profundo conhecimento de línguas,
o filósofo Rubens Rodrigues Torres Filho traduziu
autores alemães para o português

Christina Queiroz

A compreensão de como as ideias se formam e das condições conceituais que originam interpretações filosóficas do mundo esteve no cerne das reflexões do filósofo Rubens Rodrigues Torres Filho, professor da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP) durante cerca de 30 anos. Como tradutor de filósofos alemães, foi um dos responsáveis por trazer rigor científico para o estudo de autores daquele país no universo acadêmico brasileiro. Nascido em Botucatu (SP), Torres Filho morreu aos 81 anos, no dia 13 de dezembro, em São Paulo, e deixou duas filhas e um filho.

A ponte com a filosofia alemã constitui um dos principais legados intelectuais de Torres Filho, afirma o filósofo Pedro Paulo Pimenta, também da FFLCH-USP. “Outro aspecto central de sua trajetória foi buscar compreender como filósofos chegam à abstração das ideias a partir de

um trabalho de reflexão sobre conceitos”, acrescenta. De acordo com Pimenta, o trabalho de Torres Filho era importante porque usava a história da filosofia para chegar ao exercício de filosofar.

Formado em filosofia pela USP em 1962, Torres Filho tornou-se professor da instituição três anos mais tarde, passando a ministrar um curso sobre história da filosofia moderna e filosofia clássica alemã. Defendeu o doutorado na mesma universidade em 1972 sobre Johann Gottlieb Fichte (1762-1814), considerado um dos principais expoentes do idealismo alemão. Uma das ideias centrais dessa corrente filosófica sustenta que o objeto do conhecimento é construído por meio da atividade cognitiva. A tese, intitulada *O espírito e a letra. A crítica da imaginação pura em Fichte*, foi publicada em 1975 pela editora Ática e é considerada um marco na interpretação do pensador alemão no Brasil.

“No doutorado, Torres Filho evidenciou como Fichte faz filosofia dialogando

com a história dessa área do conhecimento. O modo como ele interpretou o pensamento do autor é muito original, propondo uma dialética entre letra e espírito que só foi revisitada no Brasil anos mais tarde, no último livro do filósofo José Arthur Giannotti [1930-2021]”, comenta Vinicius Berlendis de Figueiredo, professor no Departamento de Filosofia da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

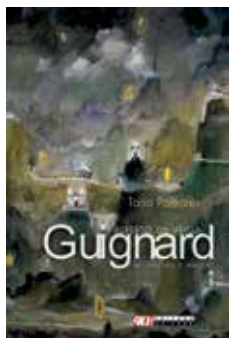
“Por meio de seus escritos e suas aulas, Rubens ensinou à minha geração, e procuramos ensinar às seguintes, o quanto o rigor conceitual é aprimorado por ironia fina e cuidado virtuoso com as palavras”, observa o filósofo Luiz Henrique Lopes dos Santos, da USP.

No livro *Ensaios de filosofia ilustrada* (Iluminuras, 2004), Torres Filho reúne parte de sua produção ensaística, entre eles o texto “Dogmatismo e antidogmatismo – Kant na sala de aula”. Com profundo conhecimento filológico do português, alemão e francês, traduziu, por exemplo, textos clássicos de filosofia para a coleção *Os pensadores* (Abril/Nova Cultural), editada de 1968 a 1982. “Ele dominava o ofício das palavras, tanto da língua estrangeira como do português. Seu rigor acadêmico era temperado com uma vocação poética que dava aos textos filosóficos um frescor característico da literatura brasileira”, analisa Figueiredo.

Aposentado em 1994 aos 52 anos, ele também escreveu livros de poesia, expressão artística que considerava tão importante quanto a filosofia. Toda a produção do autor está reunida na compilação *Novolume* (Iluminuras, 1997). O filósofo deixou de realizar trabalhos de tradução, além de escrever poesia, ensaios e textos acadêmicos, no final dos anos 1990, após sofrer um acidente vascular cerebral (AVC). ■

Um novo olhar sobre Guignard

Vera Beatriz Siqueira



Alberto da Veiga
Guignard: Modernidade
e tradição
 Taisa Palhares
 Editora Unicamp
 152 páginas
 R\$ 35,00

O artista plástico Amílcar de Castro contava que os também artistas Alberto da Veiga Guignard e Oswaldo Goeldi, quando se encontravam, passavam imediatamente a falar em alemão. Justo eles – que eram vistos, cada um a seu modo, como representantes do interesse modernista pelas pessoas simples do Brasil e pela natureza tropical –, não pareciam ter qualquer pudor em falar em um idioma que poucos entendiam e que revelava seus vínculos com a cultura europeia. Essa anedota dá bem a medida do desafio enfrentado por Taisa Palhares neste livro.

Guignard (1896-1962) ocupa lugar peculiar na história da arte moderna brasileira. É nome conhecido e muito citado como artista representativo da segunda geração de modernistas. Porém a sua incorporação no movimento se deu pelo destaque à combinação de qualidades por vezes opostas, como lirismo, ingenuidade, formação europeia, nacionalismo, modernidade e tradição. Essa situação um tanto esquiva e paradoxal, com a qual o próprio artista não parecia se incomodar, é enfrentada por Palhares com grande sensibilidade e rigor. Filiando-se à tradição crítica e historiográfica que permitiu uma virada na compreensão da obra do pintor a partir da década de 1980, a autora vai questionando, um a um, os preconceitos e os limites dessa visada mais comum e ras-teira que encapsula uma obra tão relevante para a compreensão da nossa modernidade.

A autora mostra como críticos contemporâneos a Guignard forjaram a chave interpretativa que ainda parece válida na nossa historiografia da arte, reconhecendo no artista uma espécie de lirismo ingênuo e sentimental, que o aproxima da natureza e da cultura popular brasileira de modo direto e intuitivo. Guignard seria, então, o representante da vertente lírica de nosso regionalismo (segundo Rubem Navarra) ou nacionalismo (segundo Lourival Gomes Machado), em oposição e complementariedade ao realismo social de Cândido Portinari. Mesmo em Mário Pedrosa, no qual a autora reconhece uma mudança de perspectiva importante pelo entendimento da paisagem como problema moderno e pela ênfase no debate sobre o colorismo, é mantida a visão de Guignard como artista espontâneo e despretensioso.

Para desfazer ou desnaturalizar essa chave crítica, a autora lança mão de um recurso que se

renova nos demais capítulos: a análise comparativa de obras de Guignard. Essa talvez seja, entre todas as várias qualidades do livro, a que mais se destacaria, pois traz para o primeiro plano a análise propriamente formal da obra do artista, mostrando que, sob a sua aparente facilidade, há pensamento plástico e diálogo com diferentes tradições artísticas. Por outro lado, ao fazer comparações entre trabalhos do próprio artista, revela as suas ambivalências, entendendo-as não como defeito, e sim como valor.

A comparação, por exemplo, entre a tela *Noite de São João*, de 1942 (hoje no acervo do MoMA, em Nova York), e o *Retrato de Felicitas Barreto*, de 1931, permite à autora discutir os temas da ambiguidade e da descontinuidade como elementos de construção formal. Ao identificar no retrato e na paisagem procedimentos pictóricos comuns – como a verticalidade do suporte, a espacialidade descontínua ou a combinação entre as manchas de cor do fundo e o linearismo descritivo dos objetos à frente –, revela o exercício construtivo que fundamenta a sua poética.

Tendo despachado a visão mais senso comum do artista, Palhares envolve-se com a construção de um novo olhar sobre Guignard. Analisa a sua formação europeia para dimensionar a complexidade da sua visão de arte moderna. Chega mesmo a dizer, de modo surpreendente, que as questões da modernidade artística seriam vivenciadas por ele especialmente após sua chegada ao Brasil. Guignard encontra no país o impulso para desafiar e renovar a cultura figurativa aprendida dentro do clima de modernismo moderado de Munique, com toques de simbolismo, naturalismo e pós-impressionismo.

O livro traz uma série de informações novas, resultado de uma pesquisa séria e dedicada, às quais acrescenta importantes análises críticas comparativas e elevado rigor conceitual. Ainda que Guignard já tenha sido objeto de algumas publicações anteriores, muitas das quais reunindo artigos críticos menores ou textos para catálogos de exposições, faltava um livro como este, que servirá certamente como referência para futuras pesquisas sobre o artista e sobre a história da arte moderna no Brasil.

Vera Beatriz Siqueira é professora titular do Instituto de Artes da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Pancetti à margem da crítica

Luiz Armando Bagolin



Pancetti:
O moderno periférico
Felipe Scovino
Editora UFRJ
158 páginas
Disponível gratuitamente
para download

Há uma perspectiva nos estudos atuais de história da arte, demarcados sobretudo pelo campo sociológico, de rever as produções e biografias de artistas brasileiros modernos ou que gravitaram em torno de questões do modernismo, à luz das novas pautas progressistas, resgatando-os dos pedestais erigidos pela elite de colecionadores e conservadores em que foram colocados desde o final da década de 1940. É dentro dessa perspectiva revisionista que se insere o livro *Pancetti: O moderno periférico*, de Felipe Scovino, professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que se diga, de antemão, é muito bem-vindo, não por pretender esgotar os estudos sobre a obra desse pintor, mas, ao contrário, por reabrir o debate com vistas a reexaminá-la.

O autor deixa claro que um dos pontos de partida para a construção de sua “nova” leitura é o fato da gritante desproporção entre o sucesso de público e de mercado e a falta, inversamente, de estudos ou produção intelectual que sejam condizentes com o vulto histórico do personagem José Pancetti (1902-1958). Por isso, elege como o seu ponto de partida um ensaio publicado em livro há 45 anos, em 1979, por José Roberto Teixeira Leite, intitulado “Pancetti: O pintor-marinheiro”. Reconhecendo a importância dessa obra, mas posicionando-se criticamente em relação ao mesmo, Scovino problematiza o jargão “pintor-marinheiro, pintor de marinhas” e outros, porquanto o desenho de categorias assim totalizantes contribuiu e contribui para a sedimentação de clichês, enfraquecendo o levantamento de outros pontos de vista críticos. Ao invés de referendar esses lugares-comuns, Scovino pretende dirigir a sua análise para as razões internas da obra de Pancetti. Diz ele: “Interessa-me discutir suas escolhas pictóricas, enquadramentos, referências, distinções e questões sociais e psicológicas envolvidas em suas pinturas”.

Duas questões centrais parecem, no entanto, guiar essa discussão. Em primeiro lugar, ao recusar o lugar que fora imposto a Pancetti como um pintor à margem do modernismo, Scovino busca entendê-lo como um artista que teve um olhar genuinamente de caráter “sociopolítico”, inclinando-se a representar indivíduos subalternizados na sociedade brasileira. Lembra que

a sua própria história foi demarcada também por uma condição de extrema pobreza, de desempregado vagando pelas ruas de Gênova a repatriado sem perspectivas de ocupação clara no Brasil, até seu ingresso na marinha militar em 1922. Pancetti gradualmente se tornaria pintor, fazendo de seus rudimentos no ofício uma atividade aquartelada, não entendida no início como belas-artes (pintava paredes, retocava cascos de navios etc.). Apenas em 1933, ao ingressar no Núcleo Bernardelli, no Rio de Janeiro, tendo como professor Bruno Lechowski e colegas como Aldo Malagoli, Manuel Santiago e Bustamante Sá, Pancetti começaria a definir os seus rumos como um artista. As cenas que passou a retratar então não pertenciam a lugares da elite. Eram ruas e cantos de praia afastados, lugares periféricos, suburbanos e que também em quase nada transmitiam as impressões de ambientes ligados à modernidade, urbanos e industriais.

Em segundo lugar, Scovino interpreta a “melancolia” presente nas inúmeras telas do artista menos como um traço idiossincrático e mais como uma adesão a uma característica estética transversal do nosso modernismo, identificado em autores como Mário de Andrade e outros. Para Scovino, “Pancetti se situa entre dois mundos antagônicos: o da melancolia, como um sentimento que faz parte da constituição do sujeito no Brasil, por conta substancialmente do processo escravocrata e servil que moldou e foi base dessa sociedade [...], e o da alegria, fato que se tornará mais marcante em sua trajetória por volta de 1950, quando a luz da Bahia marca as suas pinturas como um sopro de vida”.

Distante da celebração heroica de tipos brasileiros, como os de Portinari ou Di Cavalcanti, mas aproximado das preocupações mais modestas de um artista como Oswaldo Goeldi, por exemplo, Pancetti soube traduzir de um modo sintético a luz solar brasileira, rebaixando a tonalidade de todo o quadro, limpando detalhes acessórios e construindo uma pintura que se mostra plena na medida em que abre mão da grandiloquência ou de atitudes imperativas.

Luiz Armando Bagolin é professor de história da arte e estética do Instituto de Estudos Brasileiros da Universidade de São Paulo (IEB-USP).

PRESIDENTE

Marco Antonio Zago

VICE-PRESIDENTE

Ronaldo Aloise Pilli

CONSELHO SUPERIOR

Carmino Antonio de Souza, Helena Bonciani Nader, Herman Jacobus Cornelis Voorwald, Ignácio Maria Poveda Velasco, Liedi Legi Bariani Bernucci, Mayana Zatz, Mozart Neves Ramos, Pedro Luiz Barreiros Passos, Pedro Wongtschowski, Thelma Krug

CONSELHO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO

DIRETOR-PRESIDENTE
Carlos Américo Pacheco

DIRETOR CIENTÍFICO
Marcio de Castro Silva Filho

DIRETOR ADMINISTRATIVO
Fernando Menezes de Almeida

Pesquisa

ISSN 1519-8774

FAPESP

COMITÊ CIENTÍFICO

Luiz Nunes de Oliveira (*Presidente*), Agma Juci Machado Traina, Américo Martins Craveiro, Anamaria Aranha Camargo, Ana Maria Fonseca Almeida, Anapátria Moraes Vilha, Angela Alonso, Carlos Américo Pacheco, Claudia Mendes de Oliveira, Deisy das Graças de Souza, Douglas Zampieri, Eduardo Zancul, Euclides de Mesquita Neto, Fabio Kon, Flávio Vieira Meirelles, Francisco Laurindo, Jô Ueyama, João Luiz Filgueiras de Azevedo, José Roberto de França Arruda, Lillian Amorim, Marcio de Castro Silva Filho, Mariana Cabral de Oliveira, Marco Antonio Zago, Marie-Anne Van Sluys, Maria Julia Manso Alves, Marta Arretche, Paulo Schor, Reinaldo Salomão, Richard Garratt, Roberto Marcondes Cesar Júnior, Watson Loh

COORDENADOR CIENTÍFICO
Luiz Nunes de Oliveira

DIRETORA DE REDAÇÃO
Alexandra Ozorio de Almeida

EDITOR-CHEFE
Nelson Marcolin

EDITORES Fabrício Marques (*Política Científica e Tecnológica*), Carlos Fioravanti (*Ciências da Terra*), Marcos Pivetta (*Ciências Exatas*), Maria Guimarães (*Ciências Biológicas*), Ricardo Zorzetto (*Ciências Biomédicas*), Ana Paula Orlandi (*Humanidades*), Yuri Vasconcelos (*Tecnologia*)

REPÓRTER Christina Queiroz

ARTE Claudia Warak (*Editora*), Júlia Cherem Rodrigues e Maria Cecilia Felli (*Designers*), Alexandre Affonso (*Editor de infografia*), Felipe Braz (*Designer digital*), Amanda Negri (*Coordenadora de produção*)

FOTÓGRAFO Léo Ramos Chaves

BANCO DE IMAGENS Valter Rodrigues

SITE Yuri Vasconcelos (*Coordenador*), Jayne Oliveira (*Coordenadora de produção*), Kézia Stringhini (*Redatora on-line*)

MÍDIAS DIGITAIS Maria Guimarães (*Coordenadora*), Renata Oliveira do Prado (*Editora de mídias sociais*), Vitória do Couto (*Designer digital*)

VÍDEOS Christina Queiroz (*Coordenadora*)

RÁDIO Fabrício Marques (*Coordenador*) e Sarah Caravieri (*Produção*)

REVISÃO Alexandre Oliveira e Margô Negro

REVISÃO TÉCNICA Ana Cristina Gales, Ana Maria Fonseca de Almeida, Claudia Mendes de Oliveira, Deisy de Souza, Francisco Laurindo, Gustavo Dalpian, José Roberto Arruda, Lillian Amorim, Paulo Artaxo, Rafael Oliveira, Ricardo Hirata

COLABORADORES Ayana Saito, Diego Viana, Felipe Floresti, Frances Jones, Giselle Soares, Isadora Santieff, Leticia Naisa, Luiz Armando Bagolin, Miréia Figueiredo, Renata Fontanetto, Ricardo Balthazar, Rodrigo Cunha, Sarah Schmidt, Sinésio Pires Ferreira, Suzel Tunes, Vera Beatriz Siqueira

MARKETING E PUBLICIDADE Paula Iliadis

CIRCULAÇÃO Aparecida Fernandes (*Coordenadora de Assinaturas*)

OPERAÇÕES Andressa Matias

SECRETARIA DA REDAÇÃO Ingrid Teodoro

É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DE TEXTOS, FOTOS, ILUSTRAÇÕES E INFOGRÁFICOS SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO

TIRAGEM 28.250 exemplares

IMPRESSÃO Plural Indústria Gráfica

DISTRIBUIÇÃO RAC Mídia Editora

GESTÃO ADMINISTRATIVA FUSP – FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PESQUISA FAPESP Rua Joaquim Antunes, nº 727, 10º andar, CEP 05415-012, Pinheiros, São Paulo-SP

FAPESP Rua Pio XI, nº 1.500, CEP 05468-901, Alto da Lapa, São Paulo-SP

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Suicídio de indígenas

Como dizia Darcy Ribeiro: se deixam morrer como só eles sabem fazer, porque destituídos à força de suas raízes (“Taxa de suicídio entre indígenas supera em quase três vezes a da população geral”, edição 333).

Graziela Bortz

Remédio para emagrecer

Todo medicamento tem efeito colateral (“Medicamentos para emagrecer causam problemas digestivos”, edição 334). A questão é o custo-benefício. E isso deve ser avaliado pelo profissional.

Elaine Graziela

Mapeamento de biomas

O bioma Pampas agradece porque o agro periférico avança, embora silencioso (“Monitoramento da Amazônia impulsionou mapeamento de outros biomas”, disponível apenas no site).

Marfisa Martins

Fissuras labiopalatinas

Meu filho faz tratamento no Centrinho de Bauru há 10 anos e nossa experiência é positiva (“Contornos de uma fissura”, edição 334). É um centro de excelência na questão técnica e no acolhimento.

Jonathas Bittencourt

Vídeos

Que saudades eu tenho do Paulo Cesar Balduino (“O mestre da taxidermia”). Conheci o PC quando eu ainda era estudante em umas dessas várias expedições que ele comenta no vídeo. Hoje sou professor em universidade federal e preparo minhas peças com dicas que aprendi com ele. Esse vídeo foi um belo presente.

Guilherme Renzo Rocha Brito

Parabéns ao Paulo Cesar pela excelente explicação do que é taxidermia e aos que realizaram o vídeo.

Manuel de Jesus Simões

As Forças Armadas possuem um potencial enorme no fomento à pesquisa (“Pesquisadores chegam pela primeira vez à serra do Imeri”). Que essa parceria possa gerar bons frutos para o desenvolvimento do país.

Adalberto Lima

Sou do Piauí e essa história é verdadeira (“Como fungos usam química para brilhar no escuro da mata”). Chamamos de flor-de-coco mesmo e, sempre em época de chuva, íamos procurar no tronco das palmeiras de coco-babaçu para brincar à noite.

Adonias Sousa

Sua opinião é bem-vinda. As mensagens poderão ser resumidas por motivo de espaço e clareza.

ASSINATURAS, RENOVAÇÃO E MUDANÇA DE ENDEREÇO

Envie um e-mail para
assinaturaspesquisa@fapesp.br

PARA ANUNCIAR

Contate: Paula Iliadis
E-mail: publicidade@fapesp.br

EDIÇÕES ANTERIORES

Preço atual de capa acrescido do custo de postagem.
Peça pelo e-mail: assinaturasrevista@fapesp.br

LICENCIAMENTO DE CONTEÚDO

Adquira os direitos de reprodução de textos e imagens de *Pesquisa FAPESP*.
E-mail: redacao@fapesp.br

CONTATOS

revistapesquisa.fapesp.br

redacao@fapesp.br

 PesquisaFapesp

 PesquisaFapesp

 pesquisa_fapesp

 @pesquisa_fapesp

 PesquisaFAPESP

 pesquisafapesp

 cartas@fapesp.br
R. Joaquim Antunes, 727
10º andar
CEP 05415-012
São Paulo, SP

Sua pesquisa rende fotos bonitas? Mande para imagempesquisa@fapesp.br
Seu trabalho poderá ser publicado na revista.



Cuidado no ninho

O sabiá-barranco da foto é um jovem pai. Isadora Santieff acompanha ninhos no *campus* onde faz mestrado, no interior paulista, e cria situações de ameaça (um tucano empalhado acompanhado de um alto-falante com a vocalização correspondente) e de reforço alimentar (larvas de besouro), para ver o que acontece no cuidado com os filhotes. Ela ainda não tem dados definitivos, mas observou que, na presença do predador, a alimentação é suspensa e o macho fica mais ativo na defesa do ninho. Quando o tucano é tirado da cena, a mãe reforça a alimentação, enquanto o pai parece trazer comida na quantidade habitual, sem esforço de repor o período de jejum.

Imagem enviada pela bióloga Isadora Santieff, estudante de mestrado na Universidade Estadual Paulista (Unesp), campus de Rio Claro

ASSINE AS NEWSLETTERS PESQUISA FAPESP

O MELHOR DO
JORNALISMO CIENTÍFICO
NA SUA CAIXA DE ENTRADA

Escolha o que quer receber:
conteúdo completo da edição mensal,
destaques semanais do site,
novidades sobre inovação e empresas,
notícias sobre integridade científica,
dicas dos editores da revista e as
versões em inglês e espanhol.

INSCREVA-SE bit.ly/BoletimPesqFapesp



EDIÇÃO DO MÊS

NOVIDADES DA SEMANA

INTEGRIDADE CIENTÍFICA

INOVAÇÃO & EMPRESAS

SUGESTÕES DA REDAÇÃO

VERSÕES EM INGLÊS E ESPANHOL



À VENDA EM BANCAS
DE TODO O PAÍS