

Pesquisa

FAPESP

MAIO DE 2024 | ANO 25, N. 339

MORAR NA RUA

Cidades brasileiras enfrentam o desafio de reduzir sua população sem-teto, que triplicou em 10 anos

Maria Cecília Minayo criou metodologias para estudar como a violência afeta a saúde

Algoritmo estimula avaliação construtiva e sem grosserias entre cientistas

Pesquisadores formam rede para investigar o cultivo de alimentos no espaço

Povos originários gravaram marcas ao lado de pegadas de dinossauros na Paraíba

Perda de gelo na Groenlândia põe em risco circulação oceânica no Atlântico

George Love fotografou a Amazônia e cenas urbanas com olhar experimental

TENHA PESQUISA FAPESP SEMPRE COM VOCÊ



Assine *Pesquisa FAPESP*,
a revista mensal com
reportagens sobre o mundo
da ciência, da tecnologia
e das humanidades

12 edições por

r\$ 100

assinatura regular

r\$ 79

professores

r\$ 57

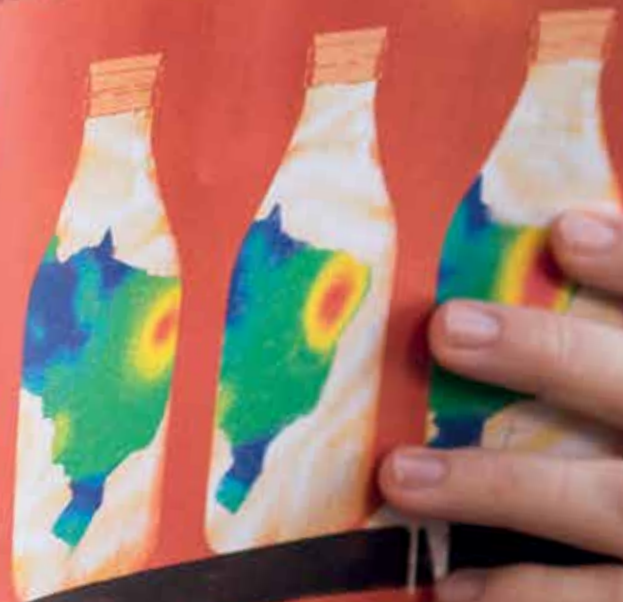
estudantes

para assinar:



www.revistapesquisa.fapesp.br
assinaturapesquisa@fapesp.br

Pesquisa FAPESP



UM BRASIL MAIS SECO

Aquecimento global torna clima
menos úmido e cria primeira zona árida no país.

Pesquisa
FAPESP

A Amazônia vista de cima na imagem feita por George Love (FOTOGRAFIA, P. 80)

5 CARTA DA EDITORA

6 NOTAS

CAPA

12 Brasil enfrenta o desafio de reduzir sua população em situação de rua

20 Programa deverá oferecer domicílios a pessoas sem-teto

ENTREVISTA

22 Maria Cecília Minayo criou metodologias para investigar como a violência afeta a saúde

Capa

Victor Moriyama /
Bloomberg via Getty Images

Quarta capa

Alexandre Schneider /
Getty Images

CIENTOMETRIA

28 Algoritmo estimula avaliação por pares realizada de forma construtiva e sem grosserias

COOPERAÇÃO

32 Brasil, Argentina e França buscam aliança em pesquisas sobre Atlântico Sul e Antártida

BOAS PRÁTICAS

36 Especialistas discutem até que ponto autores podem reciclar seus textos

DADOS

39 Dispendios industriais em P&D no Brasil

XENOTRANSPLANTE

40 Equipe da USP tenta gerar porcos especiais para fornecer órgãos a seres humanos

SAÚDE PÚBLICA

44 Tratamento breve é efetivo em evitar recorrências da malária

EVOLUÇÃO

46 Plantas descendem de algas que adquiriram genes de fungos e bactérias

ARQUEOLOGIA

49 Povos originários produziram gravuras rupestres ao lado de pegadas de dinossauros

PLANEJAMENTO

52 Desenvolvimento de tecnologias quânticas precisa atrair mais engenheiros

FÍSICA

54 Startup quântica chilena cria gerador de números aleatórios

ASTROFÍSICA

55 Moléculas associadas à origem da vida são identificadas na fase sólida em estrelas nascentes

MUDANÇAS CLIMÁTICAS

56 Derretimento do gelo na Groenlândia ameaça circulação oceânica do Atlântico

ENTREVISTA

60 Químico ganhador do Prêmio Nobel explica a importância da catálise na indústria farmacêutica

Estação ISS abriga experimentos com flores e hortaliças (AGRICULTURA ESPACIAL, P. 64)



AGRICULTURA ESPACIAL
64 Rede de pesquisadores brasileiros tem como foco o cultivo de alimentos no espaço

AGROPECUÁRIA
69 Cresce o número de startups com atuação no campo

MINERAÇÃO
72 A busca por novos usos para resíduos gerados no processo de extração mineral

BIOTECNOLOGIA
76 Animais geneticamente modificados produzem medicamentos de uso humano

FOTOGRAFIA
80 George Love ajudou a trazer um olhar diferente para a produção de imagens no país

LITERATURA
86 Correspondência de Oswald para Mário de Andrade revela retrato subterrâneo do modernismo

OBITUÁRIO
88 Newton da Costa (1929-2024)

MEMÓRIA
90 A implantação do Sistema Métrico Decimal no Brasil motivou protesto popular há 150 anos

ITINERÁRIOS DE PESQUISA
94 A síria Wafa Adel Alhalabi chegou ao país como refugiada e hoje estuda fósseis de sua terra natal na USP

RESENHA
96 *A biopolítica da beleza: Cidadania cosmética e capital afetivo no Brasil*, de Carmen Alvaro Jarrín. Por Rafael de Souza

97 COMENTÁRIOS
98 FOTOLAB



PODCAST

Horizonte de concreto

Por que cada vez mais pessoas vivem em apartamentos no Brasil. E mais: mobilidade internacional; políticas orientadas por missões; curtos-circuitos



VÍDEOS

Qual razão para o recorde de casos de dengue no Brasil?

O médico e virologista Maurício Lacerda Nogueira explica as características da epidemia atual e fala sobre a elaboração de vacinas



O perigo das superbactérias

Uso cada vez mais disseminado de antibióticos está fomentando o desenvolvimento de bactérias resistentes, desafiando a ciência e os sistemas de saúde

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

Posto em Porto Velho: tratamento breve contra malária pode evitar recorrências (SAÚDE PÚBLICA, P. 44)



Palmos, braços e rapaduras

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

O aumento da população em situação de rua nos últimos anos é facilmente constatável por quem percorre as principais metrópoles brasileiras. Embora o fenômeno não esteja mais restrito aos grandes centros urbanos, é neles que essa forma aguda de exclusão social e pobreza está mais evidente.

Definidas como pessoas que vivem de forma temporária ou permanente em espaços públicos ou unidades de acolhimento, em situação de pobreza extrema, elas estão presentes em 42% dos municípios brasileiros. A permanência na rua se deve, autodeclaradamente, a dificuldades econômicas, à ruptura de vínculos familiares e a questões de saúde, como o uso abusivo de drogas lícitas e ilícitas.

O Brasil vem se redescobrendo a partir da gradual divulgação dos dados do Censo de 2022. Entretanto, o conhecimento sobre esse grupo de pessoas ainda é escasso. Saber mais sobre essa população é fundamental para a elaboração de políticas públicas que enfrentem esse problema social, que cresce no Brasil e no mundo.

Órgãos de governo e de pesquisa têm se debruçado sobre os desafios metodológicos para levantar mais dados, atividade dificultada por fatores como o caráter flutuante e a mobilidade territorial desse grupo heterogêneo de pessoas. O foco dos estudos sobre as populações em situação de rua também variou ao longo do tempo, mostra a reportagem de capa desta edição (*página 12*).

A metodologia está no cerne da trajetória da socióloga Maria Cecília Minayo. O desejo de unir a preocupação com o social e os propósitos acadêmicos a levou a estudar efeitos da violência sobre a saúde. Fenômeno sócio-histórico, a vio-

lência impacta a saúde em diferentes dimensões, explica a pesquisadora da Fiocruz. Além de provocar mortes e traumas físicos, ocasiona agravos mentais e emocionais, reduz a qualidade de vida das pessoas e reverbera nos sistemas de saúde, trazendo novos problemas para o atendimento preventivo ou curativo. Em entrevista, Minayo conta como desenvolveu procedimentos de pesquisa qualitativa na área (*página 22*).

A Revolta do Quebra-quilos não costuma aparecer nos livros escolares de história. Na década de 1860, no reinado de dom Pedro II, amante da ciência e desejoso do alinhamento com a Europa, o governo adotou o Sistema Métrico Decimal em substituição a medidas antropométricas como palmos e braços, entre outras unidades.

Com o objetivo de facilitar trocas comerciais, a obrigatoriedade do novo sistema foi instituída em 1873, causando indignação. A briga não era com a ciência, mas sim com o Estado, que impunha o ônus da aquisição de balanças e pesos, narra nossa colaboradora Suzel Tunes na seção Memória desta edição (*página 90*). Invasões, quebra-quebras de instrumentos de medição e até arremesso de tijolos de rapadura na polícia conseguiram adiar a implementação do sistema métrico no Brasil.

Para encerrar, um retrato. Consagrada por suas imagens do povo Yanomami, Cláudia Andujar aparece do outro lado da câmera com seu companheiro por oito anos e parceiro de profissão, o norte-americano George Love (*página 80*). Menos conhecido, Love é autor de fotos experimentais da Amazônia e de cenas urbanas, e sua obra é objeto de retrospectiva em cartaz no MAM de São Paulo.



Um mundo com cada vez menos crianças

Somália, Níger, Chade, Samoa, Tonga e Tadjiquistão. Estes são os seis únicos países do mundo que, por volta de 2100, deverão apresentar uma taxa de fecundidade feminina (número de filhos vivos por mulher) elevada o suficiente para manter ao menos estável o tamanho da população, segundo uma projeção internacional recente. Para determinada população preservar seu tamanho, as mulheres precisam ter, em média, ao menos dois filhos, que substituirão os pais. Se a taxa de crianças por mulher for superior a essa por um tempo, a população cresce. Se for menor, encolhe. Nos últimos 70 anos, o mundo vem testemunhando uma redução drástica na fecundidade feminina. Em 1950, cada mulher tinha, em média, 4,8 filhos. Esse número havia baixado para 2,2 em 2021 e deve continuar diminuindo. Se não houver mudanças, a média mundial deve baixar para 1,6 filho por mulher em 2100, segundo os cálculos de um grupo internacional de pesquisadores coordenado por Simon

Hay, da Universidade de Washington, nos Estados Unidos. Apenas 94 nações mantinham a fecundidade feminina em 2,1 filhos por mulher, o suficiente para repor a população, em 2021. No final do século, devem ser apenas aqueles seis países. “Essas tendências futuras nas taxas de fertilidade e nascidos vivos irão reconfigurar completamente a economia global e o equilíbrio de poder internacional e exigirão a reorganização das sociedades”, afirmou a pesquisadora Natalia Bhattacharjee, coautora do estudo, ao site *ScienceAlert*. Com a redução sustentada no número de nascimentos e o envelhecimento das populações, alertam os pesquisadores, os países poderão enfrentar redução na força de trabalho e sobrecarga dos sistemas de saúde e de segurança social. Menos de 50% das crianças nasciam em países de média e baixa renda em 1950. Essas nações concentrarão 80% dos nascimentos em 2100 (*The Lancet*, 20 de março; *ScienceAlert*, 30 de março).

Mulheres e crianças no Chade, um dos poucos países que deverão manter a taxa de fertilidade nas próximas décadas

Uma em cada cinco gestantes tem uma IST

A taxa de infecções sexualmente transmissíveis (IST) é alta entre as gestantes brasileiras, segundo estudo liderado pela infectologista Angélica Espinosa Miranda, da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), e pela farmacêutica Pâmela Cristina Gaspar, coordenadora-geral de Vigilância das Infecções Sexualmente Transmissíveis do Ministério da Saúde. Ao analisar testes feitos em 2.728 mulheres de diferentes regiões que estavam grávidas em 2022, elas constataram que uma em cada cinco (21%) estava infectada com ao menos um dos quatro patógenos causadores frequentes de IST: as bactérias *Chlamydia trachomatis*, causadora de infecção urinária; *Neisseria gonorrhoeae*, de gonorreia; e *Mycoplasma genitalium* e o protozoário *Trichomonas vaginalis*, ambos responsáveis por infecções nos órgãos genitais e urinários. A prevalência de IST foi mais elevada (23,3%) na região Sudeste e mais baixa (15,4%) no Centro-Oeste. A infecção mais frequente foi por *Chlamydia*, apresentada por 9,9% das mulheres. Ser jovem (entre 15 e 24 anos), ter renda familiar de até US\$ 400 (equivalente a R\$ 2 mil) e ter tido mais de um parceiro ao longo da vida foram fatores que duplicaram o risco de ter uma dessas IST. Tratáveis e curáveis, essas infecções aumentam o risco de o bebê nascer com baixo peso e até de ocorrer aborto espontâneo (*International Journal of Gynecology & Obstetrics*, 29 de fevereiro).



Jazmin Locke-Rodriguez e os tanques com os cravos despoluidores

Flores flutuantes para limpar rios

Flores cultivadas em esteiras de espuma de polietileno ajudaram a limpar a água poluída por material orgânico em um experimento feito em tanques na Universidade Internacional da Flórida (FIU) em Miami, nos Estados Unidos. Dois especialistas em solos da FIU, Jazmin Locke-Rodriguez e Krishnaswamy Jayachandran, criaram jangadas flutuantes com 1,3 centímetro de espessura, 1,2 metro (m) de largura e 1,8 m de comprimento, com orifícios, ocupados por duas espécies de zínias (*Zinnia* spp.), duas variedades de girassol (*Helianthus annuus*) e cravo-africano (*Tagetes erecta*). As plantas foram cultivadas durante 12 semanas em cinco tanques de 2.300 litros de água que refletiam os rios poluídos próximos. Apenas os cravos sobreviveram – provavelmente por causa de uma peculiaridade, as raízes extras que crescem a partir de seus caules. Eles extraíram 52% mais fósforo e 36% mais nitrogênio do que os tratamentos habituais e produziram uma média de 65 flores de qualidade comercial por metro quadrado. Com base nos resultados, Locke-Rodriguez prosseguiu com os testes e transferiu as plataformas com cravos para cursos d'água próximos a Miami (*Environmental Advances*, outubro de 2023; *newsletter* da FIU, 10 de fevereiro; *The Conversation*, 13 de fevereiro).

Filmes de casca de banana

Pó de casca de banana, depois de passar por secagem e por uma solução levemente ácida, transforma-se em filmes bioplásticos com potenciais aplicações em embalagens para alimentos. Equipes da Embrapa Instrumentação e da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) submeteram a casca seca e moída da banana da variedade cavendish, também conhecida como nanica ou banana-d'água (*Musa acuminata*), a diferentes tratamentos (com e sem branqueamento e solvente) até obterem filmes de cor amarronzada, com propriedades semelhantes aos de polietileno de baixa densidade. Os filmes bloquearam 98% da radiação ultravioleta, que promove a deterioração de alimentos. Com uma produção anual de 50 milhões de toneladas, o equivalente a cerca de metade da produção global de bananas, a cavendish é consumida principalmente *in natura*, mas também é processada para fabricação de chips, doces e bebidas. Nesses processos, cada tonelada gera cerca de 400 quilogramas de cascas (*Journal of Cleaner Production*, 20 de janeiro; *newsletter* da Embrapa, 9 de abril). Encontram-se em desenvolvimento também filmes feitos com resíduos de goiaba, mamão, maracujá, banana, açaí, kiwi, pêssego, beterraba e cenoura (ver Pesquisa FAPESP nº 242).



Lâminas poderiam ser usadas para embalar alimentos



Campinaranas como esta, em São Sebastião do Uatumã, no Amazonas, abrigam comunidades únicas de plantas



2



3

Muitas cores em ilhas de areia branca na Amazônia

Dispersos entre as árvores, os ecossistemas de solos arenosos, também chamados de campinaranas, abrigam comunidades únicas de plantas, muitas das quais são epífitas (crescem sobre outras) e oferecem um pouco de colorido em meio ao verde. Viviane Klein e outros botânicos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e do Instituto Nacional da Mata Atlântica (Inma) examinaram cinco dessas áreas próximas a Manaus – a maior delas com 4 quilômetros quadrados – para identificar as epífitas e entender por que ocupariam esses espaços. O levantamento registrou 118 espécies de epífitas, com predominância de orquídeas (62 espécies), em especial do gênero *Epidendrum*, que produzem flores amarelas, vermelhas ou violetas (11 espécies), e as bromélias (12), como as do gênero *Aechmea* (7). Para a equipe que as examinou em campo, a diversidade e a composição dos grupos de plantas decorrem do tamanho de cada área, da distância entre elas – as mais próximas compartilham mais espécies em comum. O estudo também ressalta os riscos à biodiversidade, causados por impactos ambientais como queimadas, retirada de areia e expansão urbana, e reforça a necessidade de medidas eficazes de proteção. As campinaranas ocupam cerca de 5% da área coberta pela vegetação nativa na Amazônia (*Brazilian Journal of Botany*, março).



4

Epífitas sobre galho (no alto) e duas orquídeas, *Encyclia mapuerae* e *Sobralia sessilis*



O maior canídeo da América do Sul: flagrado entre milharais

Raros lobos-guará em terras gaúchas

Típico do Cerrado, o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) apareceu no Sul: 12 gravações em vídeo registraram ao menos dois deles em plantações de milho, em uma mata nativa e em um brejo próximo ao Parque Nacional da Serra Geral, na divisa entre os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. São os primeiros registros no Rio Grande do Sul. Uma equipe formada por biólogos da empresa Tecniflora Assessoria e Planejamento Florestal e da Universidade Federal do Rio Grande (Furg) encontrou-os por meio de rastros e de armadilhas fotográficas entre março e novembro de 2023. O fato de terem sido flagrados em plantações indica que os animais poderiam estar se alimentando de sobras de milho – os milharais também atraem pássaros e roedores. Nos últimos 17 anos, 10 outros lobos-guará haviam sido registrados, dos quais apenas seis por observações diretas, na região Sul. Facilmente reconhecido pelas pernas longas e finas e pelagem avermelhada, o lobo-guará é o maior canídeo da América do Sul, com até 30 quilogramas de peso e 90 centímetros de altura (*CheckList*, 9 de fevereiro).

Na pele, sinais da doença de Parkinson

Um exame que analisa uma pequena amostra de pele pode, no futuro, auxiliar os médicos a diagnosticar a doença de Parkinson e outras três enfermidades neurodegenerativas marcadas pelo acúmulo de uma forma alterada da proteína alfa-sinucleína no sistema nervoso central. Em um estudo realizado com 343 pessoas com idades entre 40 e 99 anos atendidas em 30 centros médicos nos Estados Unidos, o neurologista Christopher Gibbons, da Escola Médica Harvard, usou um marcador químico para identificar a forma alterada da proteína nas amostras de pele. A estratégia permitiu separar com bastante precisão as pessoas com alguma dessas quatro enfermidades – em conjunto chamadas de sinucleinopatias – das que não tinham a doença neurodegenerativa. O teste detectou a proteína alterada em 93% das pessoas com diagnóstico de doença de Parkinson, em 96% dos indivíduos com demência com corpos de Lewy, em 98% dos que tinham atrofia de múltiplos sistemas e em 100% dos indivíduos com insuficiência autonômica pura. Só 3% das pessoas sem doença neurológica apresentaram resultado positivo para a proteína alterada (*JAMA*, 20 de março). Em um estudo anterior, com menos participantes, os pesquisadores conseguiram usar o teste para diferenciar Parkinson da atrofia de múltiplos sistemas (*Neurology*, 2023).



Niède Guidon no Museu do Homem Americano, em São Raimundo Nonato (PI)

Niède Guidon ganha Prêmio Almirante Álvaro Alberto

A arqueóloga franco-brasileira Niède Guidon, diretora-presidente emérita da Fundação Museu do Homem Americano (FUMDHAM), é a vencedora da 36ª edição do Prêmio Almirante Álvaro Alberto para Ciência e Tecnologia, que na edição de 2024 é concedido na categoria Ciências Humanas e Sociais, Letras e Artes. O prêmio é oferecido anualmente pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), em parceria com a Marinha do Brasil. A cerimônia de entrega do prêmio (medalha, diploma e R\$ 200 mil) será na Escola Naval do Rio de Janeiro, dia 8 de maio. Guidon, de 91 anos, nasceu em Jaú, interior de São Paulo, graduou-se em história natural pela Universidade de São Paulo (USP) e se especializou em arqueologia pré-histórica, com ênfase em pintura rupestre. Em 1986, criou em São Raimundo Nonato, no Piauí, a FUMDHAM, responsável pela proteção do Parque Nacional Serra da Capivara. Guidon identificou no parque mais de 700 sítios pré-históricos, entre os quais 426 paredes de pinturas e evidências de habitações humanas antigas. Com base nesse material, defendeu a hipótese de que o *Homo sapiens* chegou à região há mais de 100 mil anos, vindo da África por via oceânica, contestando teses aceitas pela arqueologia tradicional que situam a chegada do homem nas Américas há cerca de 13 mil anos, vindo da Ásia via estreito de Bering.

Mexicanos recuperam documentos astecas

O Instituto Nacional de Antropologia e História (Inah) do México comprou de uma família mexicana, pelo equivalente a quase R\$ 3 milhões, três documentos pictográficos denominados Códices de San Andrés Tetepilco, elaborados nos séculos XVI e XVII, incorporados à Coleção de Códices Mexicanos da Biblioteca Nacional de Antropologia e História (BNAH). Os três manuscritos contêm pinturas da tradição indígena e textos em náuatle, falada na atual região central do México desde o século VII, ou espanhol, escritos com o alfabeto europeu. Eles trazem um mapa da fundação de San Andrés Tetepilco por volta de 1.300, no atual sudeste da Cidade do México, com registros coincidentes com localizações reais; o inventário da igreja de San Andrés Tetepilco, em duas folhas de papel, com descrições de vestimentas religiosas e instrumentos musicais; e a Faixa de Tetepilco, com 20 folhas dobradas, com relatos sobre os governantes da época pré-hispânica, a chegada dos espanhóis em 1519 e seu domínio até 1611 (os espanhóis governaram o México até 1821). Exames preliminares indicaram que foram feitos em papel amate (tipo de papel produzido com a casca interna cozida de árvores), sobre o qual foram aplicadas uma camada de gesso, laca de cochonilha, tintas obtidas de plantas e carvão, e índigo, para as cores vermelho, amarelo-ocre, preto e azul (*Newsletter Inah*, 21 de março; *LiveScience*, 25 de março).

Códices de San Andrés Tetepilco, com ilustrações e relatos em língua nativa e em espanhol





Represa na África do Sul, uma das regiões com redução drástica da área de ocorrência de peixes

Mais barragens, menor a diversidade de peixes

A fragmentação do hábitat tem efeitos dramáticos não só para animais terrestres, mas também para os aquáticos. Especialistas da Agência de Avaliação Ambiental e das universidades Radboud e de Leiden, na Holanda, e de Leipzig, na Alemanha, avaliaram o efeito de 31.780 barragens hidrelétricas em todo o mundo sobre a área de distribuição geográfica de 7.369 espécies de peixes de água doce. Mais da metade das espécies perdeu parte das áreas onde viviam. Para 74 espécies de peixes do Brasil, China, Índia, Estados Unidos, África do Sul e costa leste do mar Adriático, mais de 50% da área de distribuição geográfica está potencialmente perdida, incluindo as de 18 espécies ameaçadas de extinção. O impacto das barragens pode duplicar ou quadruplicar quando se consideram barragens grandes e pequenas,

em comparação com os efeitos apenas das grandes, com altura de pelo menos 15 metros (m). No Brasil, a adição de pequenas barragens às grandes – especialmente nas bacias dos rios Amazonas, Tocantins e Paraná – amplia a perda da área de distribuição geográfica de 3,7% para 8,3%, reduzindo as populações de peixes em até 4.232 quilômetros quadrados (km²). De acordo com esse estudo, a adição de pequenas barragens pode causar a extinção potencial de seis espécies, incluindo duas de bagre (*Glanidium catharinensis* e *Hypostomus kuarup*), barrigudinho (*Cnesterodon omorquatus*), peixe-gato (*Hemiancistrus megalopteryx*), peixe-anual (*Melanorivulus pinima*) e charutinho (*Characidium satoii*), com áreas de ocorrência de até 1.500 km² (*Global Change Biology*, 1º de fevereiro).



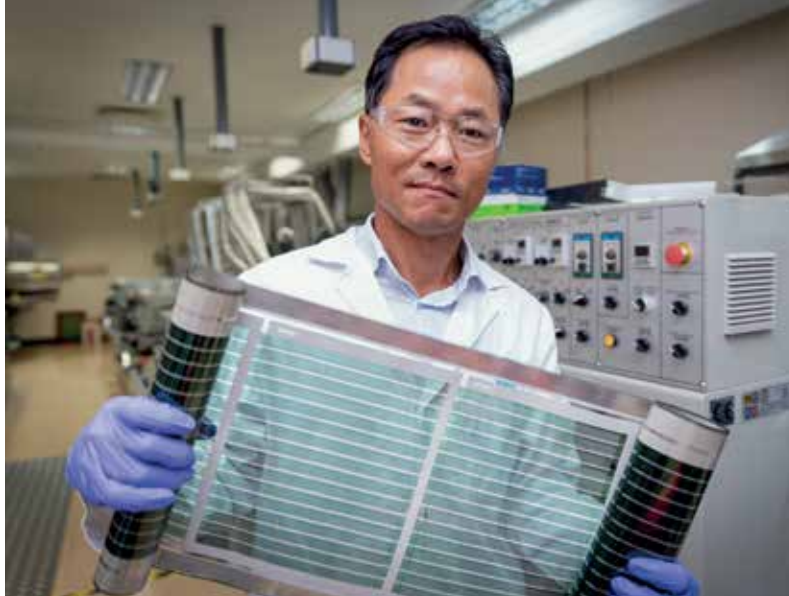
Foto com luz polarizada do campo magnético próximo à borda do buraco negro Sagitário A*

Um intenso campo magnético no centro da Via Láctea

Retratado pela primeira vez em 2022 e agora visto em luz polarizada (com uma única direção), um buraco negro supermassivo da Via Láctea, Sagitário A* (Sgr A*), a cerca de 27 mil anos-luz de distância da Terra, com uma massa 4 milhões de vezes maior que a do Sol, possui campos magnéticos fortes e organizados, espiralando a partir de sua borda. A descoberta sugere que fortes campos de forças magnéticas podem ser comuns a todos os buracos negros. A estrutura do campo do Sgr A* é semelhante à do buraco negro no centro da galáxia M87 (M87*), mil vezes maior e mais massivo que o Sgr A*. Os campos magnéticos ao redor do M87* permitem a emissão de poderosos jatos de matéria de volta para o ambiente, e talvez o do Sgr A* faça o mesmo. Para observar o Sgr A*, um consórcio internacional com 300 pesquisadores da América do Norte e do Sul (incluindo o Brasil), Europa, África e Ásia uniu oito grandes telescópios para criar um telescópio virtual do tamanho da Terra, o Event Horizon Telescope (EHT), que estava programado para observar Sgr A* em abril, com imagens cada vez mais nítidas, à medida que incorpora novos aparelhos (*The Astrophysical Journal Letters*, 27 de março).

Células solares flexíveis em filmes plásticos finos

Pesquisadores da Austrália, do Reino Unido e da China anunciaram células solares flexíveis, com perovskita híbrida, produzidas na forma de filmes plásticos finos em impressoras rolo a rolo, à temperatura ambiente. Tintas à base de carbono foram usadas no lugar do ouro da célula solar convencional, produzida com silício cristalino, e eletrodos de carbono impresso substituíram os eletrodos metálicos depositados a vácuo. “A impressão rolo a rolo permite que as células solares sejam fabricadas em rolos de plástico muito longos e contínuos, o que pode aumentar drasticamente a taxa de produção”, comentou Anthony Chesman, o líder do grupo de pesquisa em energia renovável da agência nacional de pesquisa da Austrália (Csiro). “Como esses métodos já são utilizados na indústria gráfica, isso torna sua produção mais acessível aos fabricantes australianos”, acrescentou, em um comunicado da agência. A análise de 1.600 células identificou as melhores combinações de parâmetros



de produção e rendimento. As células de perovskita híbridas apresentaram eficiência de conversão de energia de até 15,5% para células individuais de pequenas áreas e 11% para células interconectadas em série em módulos de grandes áreas. A eficiência das células solares rígidas comerciais, feitas de silício cristalino, varia entre 14% e 19% (*Nature Communications*, 12 de março; *newsletter* da Csiro, 13 de março).

Doojin Vak, da equipe australiana, e as lâminas produzidas na impressora

Alternar cultivos agrícolas para enfrentar a seca

Os moradores da área urbana de Vadnagar, no estado de Gujarat, noroeste da Índia, conseguiram amenizar os efeitos da flutuação das chuvas das monções por meio da diversificação de cultivos agrícolas. Com base em escavações arqueológicas, na análise de 74 amostras de sedimentos e na identificação de 562.236 sementes carbonizadas, pesquisadores do Instituto de Paleociências Birbal Sahni, da Índia, reconheceram na região uma sequência ininterrupta de sete culturas sucessivas desde o século I a.C. até o século XIX d.C. Durante o período medieval (500 a 1.300 d.C.), havia água suficiente para manter uma produção agrícola domina-

da por cereais de grãos grandes, como arroz, que constituem o grupo conhecido como plantas C3. Em seguida, no período pós-medieval (1.300 a 1.850 d.C.), predominou o cultivo de cereais de grãos pequenos, como milheto e sorgo, do grupo de plantas C4, resistentes à seca, indicando uma adaptação das populações locais ao enfraquecimento das chuvas de monções. As conclusões indicam a capacidade de os agricultores indianos das zonas áridas do noroeste optarem por cultivos mais adaptados aos períodos de maior aridez ou de chuva que ainda marcam a região (*Quaternary Science Advances*, janeiro; *India Today*, 31 de janeiro).

Agricultores separam a casca da colheita de trigo em um campo nos arredores de Dholka, no estado indiano de Gujarat





CAPA

CASAS DE PAPEL



FOTO: LÉO RAMOS CHAVES / REVISTA PESQUISA FAPESP

Barraca na praça Princesa Isabel, no centro de São Paulo: cidade tinha a maior porcentagem de pessoas em situação de rua em 2022

Brasil enfrenta o desafio de reduzir a sua população em situação de rua, que cresceu 211% em 10 anos

Christina Queiroz

Nos últimos anos, principalmente após a pandemia de Covid-19, é possível testemunhar um aumento na quantidade de pessoas em situação de rua, incluindo famílias inteiras com animais de estimação e objetos pessoais vivendo em barracas improvisadas em praças e calçadas. Longe de ser um problema exclusivo de cidades grandes de países periféricos, o enorme avanço no número de indivíduos sem domicílios se tornou um fenômeno global. No Brasil, esse crescimento foi captado por estudos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Um dos levantamentos aponta que, entre 2012 e 2022, houve um aumento de 90,4 mil para 281,4 mil na quantidade de pessoas em situação de rua no Brasil, o que representa um crescimento de 211%. Pesquisadores que trabalham com a temática são unânimes ao afirmar que, apesar de o país contar desde 2009 com a Política Nacional para a População em Situação de Rua (Decreto nº 7053), é preciso tirar as ações do papel.

O sociólogo do Ipea Marco Antônio Carvalho Natalino, autor do estudo mencionado, explica que a criação dessa política impulsionou uma série de ações por parte do governo federal. Já em 2009 a população de rua foi incluída no Cadastro Único (CadÚnico), base de dados com informações sobre pessoas em situação de pobreza e extrema pobreza. No ano seguinte, esse grupo passou a ter direito de acessar o Sistema Único de Saúde (SUS), mesmo sem comprovante de residência. Em 2012, começaram a funcionar os Consultórios na Rua, que reúnem equipes com médicos, enfermeiros e psicólogos, entre outros profissionais da saúde, que prestam atendimento de forma itinerante. No entanto, como a adesão à



À esquerda, casa improvisada há quatro anos no bairro de Santa Cecília, na capital paulista, conta com cozinha, quarto e banheiro minúsculos



O ESPRAIAMENTO DA POPULAÇÃO DE RUA PARA UMA QUANTIDADE MAIOR DE LOCALIDADES TORNOU-SE UM FENÔMENO GLOBAL

política nacional era voluntária, até 2020 apenas 15 prefeituras, como as de São Paulo e do Rio de Janeiro, e o Distrito Federal, estavam formalmente comprometidos em implementar suas diretrizes. “As medidas necessárias para atender a população de rua estão previstas nessa política, mas o Brasil está falhando na sua implementação”, reforça Natalino. Ele destaca, ainda, que outra pesquisa do instituto detectou um aumento de mais de 1000% nas pessoas em situação de rua registradas no CadÚnico, saltando de 21,9 mil para 227 mil, entre 2013 e 2023.

O Supremo Tribunal Federal (STF) reconheceu no ano passado que o país vive um momento de emergência social e apontou a escassez de dados estatísticos oficiais como um dos grandes entraves para combater o problema. Os magistrados determinaram que o governo federal, os estados e municípios coloquem em prática as diretrizes da Política Nacional. A partir das exigências do STF, o governo federal lançou no final de 2023 o “Plano Ruas Visíveis – Pelo direito ao futuro da população em situação de rua”, uma estratégia de ação à implementação de medidas de assis-



tência social, saúde, cidadania, educação, habitação, trabalho e renda já previstas em 2009. Com investimentos de R\$ 1 bilhão em quatro anos, o programa articula iniciativas de 11 ministérios, instituições de pesquisa, como a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), o Ipea e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além de dialogar com movimentos sociais.

Caracterizadas como um grupo “que vive na pobreza extrema, rompeu vínculos familiares e não tem moradia convencional e regular, utilizando o espaço público ou unidades de acolhimento para viver de forma temporária ou permanente”, pessoas em situação de rua estavam presentes em 2,3 mil municípios em 2023, o que representa 42% das cidades brasileiras, conforme o Observatório de Direitos Humanos do Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania (MDHC). Em 2015, esse número era de 1,2 mil cidades, ou 22% do total, segundo dados do CadÚnico. Graduado em administração públi-



FOTOS 1 LÉO RAMOS CHAVES/REVISTA PESQUISA FAPESP 2 LUIS ROBAYO/APP VIA GETTY IMAGES 3 SARAH REINIEWITZ/LOS ANGELES DAILY NEWS/SCNG VIA GETTY IMAGES INFOGRÁFICO ALEXANDRE AFONSO/REVISTA PESQUISA FAPESP



Mulher participa de censo da população de rua em Los Angeles, nos Estados Unidos (acima). À esquerda, homem mostra carro onde passou a viver depois que ficou sem dinheiro para pagar aluguel, em Cali, na Colômbia

ca, o pesquisador do Ipea Roberto Rocha Coelho Pires foi cedido ao MDHC para atuar como coordenador-geral do gabinete da secretaria executiva e é um dos responsáveis pela criação do observatório. “Apesar de cada vez mais cidades registrarem pessoas sem moradia, somente 218 municípios contavam com Centros de Referência Especializados para População em Situação de Rua, número que deve ser expandido nos próximos anos”, projeta Pires. Além disso, a mesma análise mostra que as 10

sobre as desigualdades cotidianas enfrentadas por mulheres chefes de famílias em situação de rua em espaços públicos urbanos da América Latina, durante a pandemia de Covid-19. O estudo foi financiado pela British Academy, associação beneficente independente do Reino Unido que custeia projetos de pesquisa nas áreas das humanidades e ciências sociais. Nesse contexto, ela também desenvolveu análises comparativas sobre a população em situação de rua em outras regiões do globo. “A partir da década de 1980, a situação começou a adquirir visibilidade pública e científica em países capitalistas centrais, em particular nos Estados Unidos, verdadeiro epicentro histórico do fenômeno”, diz. Segundo ela, hoje, essa condição é uma realidade global, presente em cidades que vão de Los Angeles a Pequim, de Londres a Melbourne, de Toronto a Singapura, de Berlim a Pretória, de Paris a São Paulo. De acordo com o Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano dos Estados Unidos, o país contava com 653 mil pessoas vivendo nas ruas em 2023, o que representa um aumento de 12,1% em comparação com 2022.

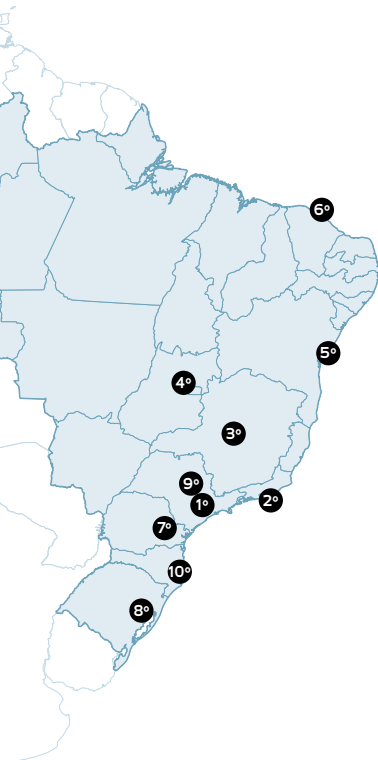
cidade com maior quantidade de pessoas vivendo nas ruas concentram 51,5% da população nessa condição no país – São Paulo está no topo da lista, contabilizando 53,8 mil indivíduos sem domicílio (ver gráfico abaixo).

O espriamento da população de rua para uma quantidade maior de municípios é uma realidade que vem sendo registrada em todo o mundo, segundo a socióloga Fraya Frehse, professora da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). No ano passado, Frehse realizou, na Universidade de Cambridge, no Reino Unido, pesquisa

No contexto europeu, o relatório publicado em 2023 pela Federação Europeia de Associações Nacionais que Trabalham com os Sem-Abrigo indica que cerca de 895 mil pessoas dormiram nas ruas em países do bloco, em 2022. De acordo com o documento, entre as nações com a maior quantidade de habitantes nessa situação naquele ano, estavam a Alemanha, com cerca de 84,5 mil indivíduos sem ter onde morar, e a Espanha, com 28,5 mil.

POPULAÇÃO EM SITUAÇÃO DE RUA NOS MUNICÍPIOS

São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte eram as cidades com o maior número de indivíduos nessa condição em 2022



Município	Pessoas em situação de rua no Cadastro Único (2022)	% do país
1º São Paulo-SP	53.853	22,8%
2º Rio de Janeiro-RJ	13.566	5,7%
3º Belo Horizonte-MG	11.826	5,0%
4º Brasília-DF	7.924	3,4%
5º Salvador-BA	7.909	3,3%
6º Fortaleza-CE	6.334	2,7%
7º Curitiba-PR	3.477	1,5%
8º Porto Alegre-RS	3.189	1,3%
9º Campinas-SP	2.547	1,1%
10º Florianópolis-SC	2.020	0,9%

FONTES: MDHC / CADASTRO ÚNICO / CENSO DEMOGRÁFICO DE 2022

“Menos investimentos na construção de moradias populares, aumento do custo de vida e do preço da habitação em meio à financeirização do mercado imobiliário são alguns dos fatores que ajudam a compreender esse cenário”, afirma a socióloga da USP. Relatório da consultoria norte-americana Knight Frank revela que, no segundo semestre de 2021, 150 cidades no mundo registraram o maior aumento em 18 anos no preço de imóveis. São Paulo e Rio de Janeiro fazem parte da lista.

CONHECIMENTO CIENTÍFICO

A expansão do problema traz também impactos no desenvolvimento do conhecimento científico. A tese de doutorado da pesquisadora belga Marie-Ghislaine Stoffels, defendida na USP em 1976, é considerada um dos primeiros estudos sociológicos sobre a população de rua realizados no Brasil. A pesquisa traz reflexões sobre a condição dessas pessoas em São Paulo nos anos 1970, a partir de termos como mendigos e mendicância, analisando as suas relações com organizações religiosas que, naquela época, se encarregavam da prestação de serviços de assistência social. “No Brasil, temos uma virada na forma de compreender essa população com a Constituição de 1988, que reconheceu as políticas de assistência social, como responsabilidade pública e estatal”, relata a cientista política Renata Bichir, do Centro de Estudos da Metrópole (CEM) da USP, um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) apoiados pela FAPESP. “O povo da rua deixou de ser visto como merecedor de ações de caridade e

começou a ser entendido como sujeito de direitos.” Para Frehse, essa mudança de olhar político também impactou a produção do conhecimento científico, de forma que os termos usados nas pesquisas se transformaram. “Os estudos passaram a empregar as noções de população de rua, morador de rua e, mais recentemente, pessoas em situação de rua”, comenta.

A antropóloga Taniele Cristina Rui, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), também observa mudanças na abordagem de pesquisas acadêmicas a partir dos anos 1990. Até aquela década, muitos estudos tratavam da população de rua olhando para os fluxos migratórios de pequenas para grandes cidades. “Em linhas gerais, esses trabalhos investigavam a trajetória de pessoas que chegavam aos centros urbanos em busca de emprego e, como não conseguiam encontrar uma oportunidade profissional, acabavam nas ruas”, diz. Hoje, as pesquisas ampliaram o escopo de análise, considerando também a experiência daqueles que passaram a viver nas ruas de suas cidades natais. “Muitos têm suas vidas prejudicadas pelo uso de álcool e drogas”, comenta Rui, que atualmente investiga os efeitos duradouros da pandemia da Covid-19 na vida de famílias brasileiras vulneráveis, com financiamento da FAPESP.

Além disso, segundo a antropóloga, um dos focos de trabalho de quem estudava a população de rua na década de 1990 eram grupos de crianças e adolescentes que viviam sem as famílias, em locais como a Praça da Sé, região central de São Paulo. “A imagem do menino de rua que fa-

Barracas debaixo do elevador presidente João Goulart, o Minhocão, no centro de São Paulo: governo federal busca conhecer a diversidade de perfis da população sem-teto



zia uso de drogas no centro paulistano era muito frequente naquela época, suscitando o interesse de pesquisadores. Porém, hoje, essa figura não está mais tão presente no cotidiano das cidades”, aponta Rui. Políticas de transferência de renda, como o Bolsa Família, que condiciona o recebimento do benefício ao fato de as crianças da família estarem frequentando a escola, podem ter colaborado para tirá-las das ruas nas últimas duas décadas. “Outro fator, mas, nesse caso, negativo, que também pode influenciar esse cenário, é a estruturação do mercado de drogas nas periferias. Alguns jovens são recrutados para trabalhar para o tráfico e deixam de circular pelo centro da cidade”, sugere a pesquisadora.

Hoje, diz, as ciências sociais têm buscado compreender a experiência cotidiana de viver nas ruas, incluindo os relacionamentos, as parcerias, relações com o espaço urbano, a violência de gênero e as estratégias para encontrar comida e onde dormir. “Para além de serviços de assistência social, os estudos vêm mostrando que iniciativas para garantir moradia e renda são essenciais para planejar a saída das pessoas das ruas”, relata Rui (ver reportagem na página 20).

No âmbito do governo federal, Natalino, do Ipea, avalia que o Brasil está no momento de conhecer a heterogeneidade dessa população. No final de 2023, o Ipea mapeou o perfil desse grupo com base em dados do CadÚnico. A pesquisa indicou que os moradores de rua eram majoritariamente homens (88%), negros (68%, incluindo pessoas pardas, 50%, e pretas, 18%) e adultos

(57% do total tinham entre 30 e 49 anos). Já os principais motivos, não excludentes, apontados para as pessoas viverem nas ruas foram dificuldades econômicas (54%), fragilização ou ruptura de vínculos familiares (47,3%) e questões de saúde (32,5%), especialmente problemas relacionados com o uso abusivo de álcool e drogas.

Conforme o levantamento, 33,7% da população em situação de rua está nessa condição por até seis meses, 14,2% entre seis meses e um ano, 13% entre um e dois anos, 16,6% entre dois e cinco anos, 10,8% entre cinco e 10 anos e 11,7% há mais de 10 anos. “O motivo de a pessoa estar na rua influencia a sua permanência nessa condição”, informa Natalino. Isso significa, segundo a análise, que quem está sem moradia por causa de problemas familiares apresenta um tempo de permanência maior nas ruas, o que também acontece com os motivos relacionados à saúde, em especial devido ao uso de álcool e outras drogas. De acordo com o pesquisador, razões econômicas, como o desemprego, tendem a causar episódios mais curtos de vida nas ruas.

Tanto os problemas econômicos, como os conflitos familiares e problemas relacionados ao álcool e às drogas foram fatores agravados durante a pandemia, conforme análise do pesquisador. “Entre 2019 e 2022, a população em situação de rua aumentou 38% como reflexo desse quadro”, informa Natalino. Para Bichir, do CEM, a pande-



mia tornou o problema da população de rua mais visível, funcionando como um evento catalizador da agenda de políticas públicas. “Temos a hipótese de que a Covid-19 colaborou para ampliar a presença de famílias e crianças nas ruas. Precisamos desenvolver estudos aprofundados para compreender se isso de fato aconteceu e como a situação se acomodou hoje”, ressalta.

Em 2022, o Censo Demográfico do IBGE abarcou parte da população em situação de rua, ao enumerar a quantidade de pessoas vivendo de forma permanente em domicílios improvisados, ou seja, em barracas, galpões abandonados, albergues, estruturas habitacionais inacabadas, cavernas (além das propriamente ditas, o termo refere-se também a moradias feitas nos vãos de paredes em viadutos, por exemplo) e automóveis. No entanto, o país ainda não realizou um censo abrangente para conhecer a totalidade das pessoas em situação de rua que vivem em território nacional – outra determinação feita pelo STF no ano passado. Com isso, o IBGE trabalha para criar uma metodologia de realização da contagem nacional desse grupo.

O geógrafo Gustavo Junger, da Coordenação Técnica do Censo Demográfico do IBGE, explica que há mais de duas décadas essa população faz parte das preocupações do instituto. Porém o censo da população em situação de rua traz dificuldades metodológicas. Um exemplo: quando a pessoa não quer ou não está em condições de

conceder a entrevista. Nessas situações, o recenseador precisa preencher o questionário observando a pessoa em questão. “Fazer esse tipo de trabalho representa um enorme desafio para o IBGE, pois toda a metodologia de nossos levantamentos se baseia no princípio da autodeclaração”, justifica. Os roteiros de coleta de dados não podem ser baseados em divisões de território, à maneira dos censos, na medida em que as pessoas podem se deslocar e sair da área prevista para determinado recenseador.

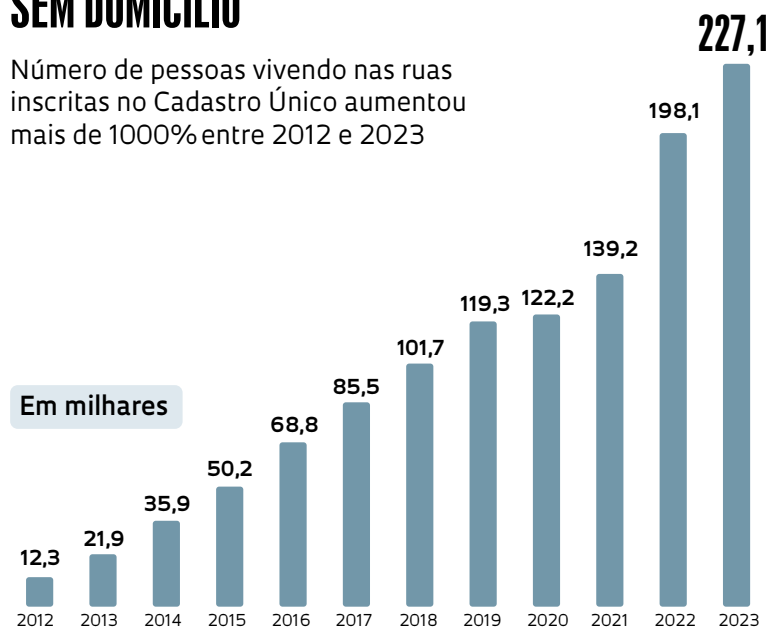
Além disso, parte da população em situação de rua abarca indivíduos que dormem no espaço público somente alguns dias da semana. A Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), divulgada em 2018 pelo IBGE, mostrou, por exemplo, que o segundo gasto principal das famílias naquele ano foi com transporte. “Como hipótese, podemos pensar que muita gente opta por dormir nas ruas perto do trabalho alguns dias para não comprometer o orçamento mensal”, diz Junger. O geógrafo explica que essas pessoas não podem ser contabilizadas pelo censo da população em situação de rua, pois já são numeradas em seus domicílios pelo Censo Demográfico. Já em uma experiência-piloto realizada pelo IBGE em 2013 para contar a população de rua na cidade do Rio de Janeiro, outro problema identificado envolveu o tamanho e o tipo do questionário. A iniciativa teve problemas de concepção metodológica, como perguntas extensas que não foram compreendidas pela população recenseada.

“Agora, estamos no momento de conhecer e analisar diferentes experiências de contagem da população de rua, a fim de criar uma metodologia própria, adequada à realidade do Brasil”, conta Junger. Nesse caminho, estão sendo estudados os censos realizados na Colômbia, que anualmente faz a contagem de sua população de rua em frações específicas do território, e levantamentos do Chile e México, que inseriram essas pessoas em seus censos demográficos nacionais. Metodologias criadas por prefeituras como as de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte também estão entrando no escopo de análise do IBGE.

O último censo da capital paulista, elaborado em 2021 com resultados divulgados em 2022, envolveu cerca de 200 profissionais e um trabalho de campo que permitiu entrevistar ou contabilizar todas as pessoas vivendo nas ruas e em centros de acolhida. De acordo com a Secretaria Municipal de Assistência e Desenvolvimento Social (Smads), a legislação municipal determina que o levantamento deve acontecer a cada quatro anos e estava previsto para ser realizado em 2023. No entanto, a prefeitura decidiu adiantar o seu desenvolvimento, em razão do agravamento da situação de vulnerabilidade social das pessoas, depois da pandemia de Covid-19. Com censos da

CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO SEM DOMICÍLIO

Número de pessoas vivendo nas ruas inscritas no Cadastro Único aumentou mais de 1000% entre 2012 e 2023



FONTES: IPEA / CADASTRO ÚNICO

IBGE ENFRENTA O DESAFIO DE CRIAR UMA METODOLOGIA PARA FAZER UM CENSO NACIONAL DA POPULAÇÃO DE RUA



Pessoas em situação de vulnerabilidade social em São Paulo (acima) e no Rio de Janeiro (à dir.)

população de rua realizados desde 2020, São Paulo tinha 31,8 mil pessoas nessa condição em 2021.

Partindo desses estudos preliminares, no final de 2023, o IBGE realizou uma nova experiência-piloto em Niterói (RJ), em parceria com o Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, da prefeitura do Rio, e a prefeitura de Niterói. Os resultados do levantamento devem ser discutidos nos próximos meses.

Apesar de o país não contar com um censo nacional, cerca de 2 mil cidades brasileiras fazem censos de sua população em situação de rua, conforme Natalino, do Ipea. Assim, além dos municípios citados, Juiz de Fora (MG) é outra localidade com iniciativas nesse sentido. O assistente social Alexandre Aranha Arbia, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), explica que as metodologias de coleta e análise de dados adotadas por cada cidade são diferentes. No caso do município mineiro, em 2016 a prefeitura considerou em sua contagem não apenas as pessoas sem-teto, como também aquelas que vivem das ruas, pedindo dinheiro em faróis, por exemplo, mas que à noite retornam para suas casas.

Com base na experiência da prefeitura mineira, pesquisadores da UFJF realizaram outro censo em 2023, abrangendo apenas os indivíduos que efetivamente moram nas ruas. Para realizar o estudo, trabalharam em parceria com equipes do programa Consultório na Rua, treinaram recenseadores com técnicas de abordagem específicas e realizaram um estudo prévio do território, por meio de dados georreferenciados fornecidos pela prefeitura. A coleta de informações foi realizada em quatro dias, para evitar que as pessoas se dispersassem pelo território. “Identificamos, no censo da prefeitura, 384 pessoas que de fato moravam nas ruas. No nosso levantamento, esse grupo somava 805 indivíduos, o que representa um aumento de 110% de 2016 a 2023”, conta a assistente social Viviane Pereira, da UFJF. Além dela e de Arbia, o psicólogo Telmo Mota Ronzani, da mesma instituição, também atuou com o desenvolvimento da pesquisa, segundo a qual, no período da pandemia, os moradores em situação de rua aumentaram em 30% na cidade.

Em termos de soluções, Pereira aponta como experiência bem-sucedida as políticas criadas pela cidade do Porto, em Portugal. O município desenvolveu estratégias de acolhimento diferenciadas conforme o intervalo de permanência da pessoa na rua. Casos são acompanhados individualmente por um gestor, com quem são estabelecidos vínculos de confiança e que conhece de perto as principais necessidades de cada pessoa atendida. “Quanto menos tempo na rua, maior a probabilidade de a pessoa conseguir sair dela. Depois de muitos anos nessa condição, as dificuldades para encontrar emprego e moradia aumentam e surgem novos complicadores, entre eles o rompimento definitivo de laços afetivos e problemas de saúde mental”, conclui Arbia, da UFJF. ■

MORADIA EM PRIMEIRO LUGAR

Brasil investe em programa para oferecer domicílios a pessoas sem-teto antes de prover serviços sociais e qualificação profissional

Christina Queiroz

Criado nos anos 1990 pelo psicólogo norte-americano Sam Tsemberis, da Universidade da Califórnia em Los Angeles (Ucla), o programa Moradia Primeiro foi adotado por prefeituras de cidades norte-americanas naquela década para acolher pessoas com problemas de saúde mental que moravam nas ruas. Com o passar dos anos, a iniciativa passou a abarcar outros indivíduos sem-teto. Esse tipo de programa prevê que o primeiro passo para tirar alguém da rua é oferecer habitação. A partir do diálogo com pesquisas e experiências realizadas no exterior, o “Plano Ruas Visíveis”, voltado para a população em situação de rua, tem como uma de suas principais apostas um programa nos moldes do moradia primeiro, chamado de Moradia Cidadã. “As cidades já podem se cadastrar para enviar seus projetos e acessar linhas de financiamento”, informa Roberto Rocha Coelho Pires, pesquisador do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (Ipea), que no momento assessora o Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania (MDHC).



O “Plano Ruas Visíveis” foi lançado pelo governo federal em 2023 para colocar em prática medidas de assistência social, saúde, cidadania, educação, habitação, trabalho e renda previstas pela Política Nacional para a População em Situação de Rua. A antropóloga Taniele Cristina Rui, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), explica que historicamente as iniciativas brasileiras para a população de rua fornecem acesso à política habitacional como última etapa de um longo processo, no qual primeiro é preciso encontrar emprego, deixar as drogas e o álcool e reatar vínculos familiares. “Porém estudos e experiências realizados em diversos países mostram que o caminho precisa ser inverso. Com a garantia de um lugar para morar, o indivíduo se estabiliza e os serviços de atenção psicossocial, qualificação profissional e educacional funcionam melhor”, defende a antropóloga.

Com formação em direito e administração pública, Juliana Reimberg, que faz doutorado na Cardiff Business School, no Reino Unido, explica que, nos programas do tipo moradia primeiro, o indivíduo consegue viver em um lugar privado,

no qual tem, por exemplo, autonomia para cozinhar e liberdade de ir e vir. “É uma situação diferente do modelo de centros de acolhida atualmente vigente no Brasil”, compara. Isso porque essas estruturas chegam a abrigar 50 pessoas em cada dormitório, contam com horários restritos de entrada e saída e oferecem comida pronta para os frequentadores, prejudicando sua autonomia. Além disso, há poucos abrigos preparados para receber famílias, de forma que muitas vezes é preciso separar os filhos dos pais. “As pessoas entram nesse serviço e não conseguem sair. Nas minhas pesquisas, conheci gente que estava em centros de acolhida há 10 anos. O modelo atual não traz resultados efetivos”, afirma Reimberg.

A pesquisadora estudou a situação de mulheres em abrigos de São Paulo no mestrado, defendido em 2023 no Centro de Estudos da Metrópole da Universidade de São Paulo (CEM-USP). Do total de 3,6 mil mulheres em situação de rua, conforme o censo municipal de 2021, 1,7 mil delas estavam em serviços de acolhida naquele ano, segundo Reimberg. No estudo, a pesquisadora identificou que



Ao lado, uma das vilas de domicílios transitórios da prefeitura de São Paulo. Acima, idoso em apartamento do programa de moradia primeiro da cidade de Portland, nos Estados Unidos

1

muitas dessas mulheres são encaminhadas para abrigos após sofrer violência doméstica e não necessariamente porque estavam nas ruas. “Algumas nunca passaram sequer um dia dormindo no espaço público”, comenta. No caso de mães que moram em abrigos com filhos, elas enfrentam grande dificuldade de conseguir emprego, na medida em que muitos desses espaços não permitem que as crianças fiquem sozinhas nos locais. “Para incentivar que as mães consigam alguma fonte de renda, alguns centros de acolhimento passaram a autorizar que as crianças fiquem a cargo de outra mulher por algumas horas”, conta.

Com reflexão similar, Rui cita o exemplo de grávidas sem-teto que, depois de dar à luz no hospital, perdem a guarda do filho. “Como a rua não é um lugar adequado para um recém-nascido, ele vai para o serviço de acolhimento, caso não exista ninguém da família para adotá-lo”, explica a antropóloga. Por causa disso, ela defende o desenvolvimento de modelos diferenciados de abrigos para moradores de rua, que considerem, por exemplo, a possibilidade de grávidas permanecerem no local por alguns meses

com seu bebê depois do parto. “A trajetória dessas mulheres costuma ser marcada pela perda sucessiva da guarda de filhos, o que pode trazer efeitos devastadores para a sua saúde mental”, sustenta Rui, que coordena o grupo de pesquisa Maternidades Violadas, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Os programas do tipo moradia primeiro são hoje elemento central de ações voltadas às pessoas sem domicílio em parte da Europa. Documento elaborado em 2016 por uma equipe de pesquisadores e formuladores de políticas públicas de 13 países europeus, entre eles Reino Unido, Espanha e Finlândia, traz os resultados de algumas dessas iniciativas. Em 2013, 70% dos usuários do serviço em Amsterdã, na Holanda, por exemplo, reduziram o consumo de drogas e 89% reportaram melhorias na qualidade de vida. No mesmo ano, no programa Casas Primeiro, de Lisboa, 80% dos frequentadores relataram redução no nível de estresse.

2

Inspirada por essas experiências, em junho de 2022, a cidade de São Paulo criou um programa de moradia transitória, que oferece unidades habitacionais modulares para acolher moradores em situação de rua. A assistente social Maria Caetano, coordenadora do Núcleo de Desenvolvimento Social da prefeitura, explica que o projeto tem como prioridade o atendimento de famílias com crianças menores de 6 anos e idosos, assim como mulheres vítimas de violência doméstica.

Para pleitear a entrada no programa, é preciso primeiro recuperar a autonomia na realização de tarefas da vida cotidiana, como cozinhar, além de ter as crianças vacinadas e matriculadas na escola, entre outras exigências. As pessoas acolhidas podem permanecer por até dois anos nos domicílios transitórios, com possibilidade de prorrogação conforme avaliação da equipe técnica. Nesse intervalo, participam de cursos de formação e podem ser inseridas no Programa Operação Trabalho (POT), com a possibilidade de trabalhar em atividades administrativas e agrícolas, e na conservação de ruas e praças, entre outras funções. O objetivo é prepará-las para conquistar plena autonomia, inclusive financeira, ao término do período de vivência na iniciativa.

Reimberg considera a ideia positiva, mas faz uma comparação: “Ao contrário dos projetos de moradia primeiro, que funcionam como residência permanente, o programa paulistano estabelece a princípio um prazo-limite para as pessoas saírem do local. Acho dois anos um período muito curto para reorganizar a vida”, avalia. ■

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

UM OLHAR SOCIOLOGICO SOBRE A SAÚDE

Pesquisadora emérita da Fiocruz criou metodologias para investigar como a violência afeta a vida de grupos como idosos e policiais

Christina Queiroz | RETRATO Ana Carolina Fernandes

Maria Cecília de Souza Minayo é uma socióloga que atua em várias frentes de trabalho. Com mais de 60 anos de experiência como docente e há três décadas como pesquisadora, ela ajudou a introduzir as ciências sociais no campo de estudos médicos e da saúde pública no Brasil. A partir da observação de grupos como policiais e idosos, criou metodologias para investigar como diferentes tipos de violência impactam a saúde das pessoas, extrapolando o debate para além da segurança pública. Ao longo de sua trajetória acadêmica, Minayo coordenou mais de 40 estudos sobre as relações entre violência e saúde, bem como orientou cerca de 80 projetos na pós-graduação, incluindo mestrados, doutorados e pós-doutorados.

Professora emérita da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz (ENSP-Fiocruz), Minayo foi presidente da comissão que formulou a Política Nacional de Redução da Morbimortalidade por Violência e Acidentes do Ministério da Saúde, na década de 1990. A iniciativa estabeleceu protocolos de conduta para diferentes tipos de violência que afetam os serviços de saúde, como acidentes de trânsito e agressões domésticas contra mulheres e crianças. Seu trabalho mais recente, ainda inédito, é um censo que avalia as condições de vida de idosos no sistema prisional masculino e feminino do estado do Rio de Janeiro.

Aos 86 anos, Minayo segue dando aulas, orientando e coordenando pesquisas. Casada com o químico e sociólogo Carlos Minayo, com quem tem duas filhas e quatro netos, acaba de receber o Prêmio Internacional da Academia Mundial de Ciências (TWAS Awards). Para esta entrevista, ela recebeu *Pesquisa FAPESP* em seu apartamento no Aterro do Flamengo, no Rio de Janeiro.

IDADE 86 anos

ESPECIALIDADE

Sociologia

INSTITUIÇÃO

Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)

FORMAÇÃO

Graduação em sociologia pelo Queens College da Universidade da Cidade de Nova York (1979), mestrado em antropologia social pelo Museu Nacional-UFRJ (1985) e doutorado em saúde pública pela Fiocruz (1989)



Qual é a memória mais marcante da sua infância?

Nasci em 1938, em um pequeno distrito de Rio Piracicaba, Caxambu, um povoado no interior de Minas Gerais. Entrei na escola com 7 anos sabendo ler, porque minha mãe tinha me ensinado. Dona Ruth, a professora, dava aulas para o primeiro, segundo e terceiro anos, todos juntos. Sinto um profundo respeito e muita gratidão por ela. Todas as crianças desse povoado sabiam ler e escrever, e também matemática, por causa dela. Foi importante para mim ter tido uma educação de qualidade nesse começo de vida. Porém essa escola rural só ia até o terceiro ano e, em geral, as famílias do povoado não incentivavam os filhos a seguirem os estudos. Mas meus pais pensavam diferente. Minha mãe era funcionária dos Correios e meu pai um comerciante, versátil e inteligente, que também foi um importante político local. Eles tinham visão de futuro sobre as mulheres: resolveram matricular minha irmã menor e eu em um colégio em Itabira [MG], chamado Nossa Senhora das Dores. Eu tinha 9 anos e ela 8.

Vocês iam todos os dias até Itabira?

Do colégio até a casa dos meus pais, naquela época, eram nove horas de viagem. Hoje, é um percurso que pode ser feito em uma hora e meia de carro. Antes, a gente precisava ir a cavalo ou de carroça e pegar também um trem. Por causa dessa dificuldade de locomoção, fomos internas na instituição. Só saíamos duas vezes por ano, nas férias. Eu logo me tornei uma das melhores alunas da sala. Mais tarde, fiz o curso de normalista, de formação de professores, na mesma escola. Era o que as mulheres costumavam fazer naquela época para ter uma profissão. Terminei meus estudos com 17 anos, em 1955, e acabei me tornando professora daquele colégio no hoje chamado ensino médio.

Por que a senhora foi morar no Rio de Janeiro?

Trabalhei como professora em Itabira por 10 anos, até 1965. Como o colégio tinha uma unidade no Rio de Janeiro, fui convidada para dar aulas lá. As escolas pertenciam a um grupo religioso muito católico. No final dos anos 1950, em razão de mudanças propostas à Igreja pelo papa João XXIII [1881-1963], foi criado no Rio de Janeiro o Instituto Superior

de Pastoral Católica [Ispac]. A instituição ministrava cursos de filosofia, teologia, sociologia, ética e moral, tendo como inspiração as encíclicas de João XXIII, que chamavam os católicos a se engajarem contra a pobreza e a miséria. Matriculei-me nesse instituto e as aulas mudaram totalmente a minha cabeça. Passei a questionar o fato de que a congregação para a qual trabalhava só atendia alunos de classe média e não olhava para a pobreza que nos rodeava.

O que mudou depois dessa experiência?

Meus pais tinham poucos livros em casa, mas recebiam um boletim chamado *São Geraldo* que discutia a questão da pobreza e, especialmente, trazia notícias do sofrimento das pessoas na África. Eu sempre fui ávida por leitura. E esse boletim me fazia sonhar. Desde muito nova eu sonhava em me tornar missionária. O curso no Instituto Superior de Pastoral Católica abriu minha cabeça, mas não para negar o catolicismo; continuei ligada à religião. Ao mesmo tempo, comecei a questionar a vida pacata do grupo de professores do qual eu fazia parte, que trabalhava na instituição. Então, na segunda metade da década de 1960, me envolvi com os movimentos sociais. De forma paralela às aulas no colégio, comecei a trabalhar na favela

da Penha. Eu levava alunas e colegas para conhecer a realidade desse lugar e dava aulas de educação popular. Passei a fazer o mesmo em outras comunidades do Rio, como o conjunto habitacional Guaporé, situado na zona norte da cidade.

A senhora conheceu seu marido em meio a essas atividades?

Sim. Carlos veio da Espanha para o Brasil no final dos anos 1960 para ser diretor do Departamento de Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro [PUC-Rio]. Ao se deparar com a situação de pobreza do Rio de Janeiro, se engajou também nos movimentos sociais. Naquela época, o país contava com vários cursos de educação popular, que eram ministrados fora das universidades, em espaços informais de conhecimento. Em meados de 1969, trabalhando no Guaporé, conheci Carlos. Ele me contou que tinha ido atuar lá após uma experiência na favela da Rocinha com três amigos. Eles foram morar na comunidade para dar aulas, mas, como estávamos em plena ditadura, a polícia começou a persegui-los, de forma que eles desistiram de permanecer na Rocinha e foram para um lugar menos visado. Mas os meses foram passando e a repressão ficou mais dura. Um dos alvos principais dos militares eram os educadores populares. Muitos começaram a ser presos.

Como a ditadura militar [1964-1985] impactou sua vida?

No colégio católico em que eu dava aulas, tinha uma aluna cujo pai era policial federal. Ele gostava muito de mim, mas não sabia do meu trabalho com educação popular. Um dia, cheguei no colégio e ele estava por lá porque tinha ido buscar a filha. Pedi para falar com ele. Olha a minha ingenuidade. Eu contei a ele que vários colegas que trabalhavam com educação popular estavam sendo presos e pedi conselhos. Ele disse para eu citar os nomes, mencionei duas pessoas e ele falou para ficar longe delas, pois eram “perigosas”. E recomendou que eu sumisse antes que me prendessem também. Fiquei apavorada e resolvi me esconder, mas não podia ir para a casa dos meus pais em Minas Gerais, para não colocá-los em risco.

E o que a senhora fez?

Tinha uma amiga que era casada com um



Nas minhas pesquisas eu não faço segurança pública. Busco compreender como a violência impacta a saúde de crianças, mulheres e idosos

dos filhos do editor e livreiro José Olympio [1902-1990]. Ela também trabalhava com educação popular. Telefonei para ela e expliquei minha situação. Disse que tinha a impressão de que estava sendo sequestrada o tempo todo. Ela morava em uma mansão na lagoa Rodrigo de Freitas e me convidou para morar com sua família por um tempo. Eu me mudei para lá e resolvi pedir ajuda para a Conferência Nacional dos Bispos do Brasil [CNBB] para conseguir soltar meus amigos presos. Mas a situação política só piorava. Decidi sair do colégio em que dava aulas e me mudar para Nova Iguaçu, na Baixada Fluminense, onde havia um bispo, chamado dom Adriano Hipólito [1918-1996], que protegia as pessoas que atuavam com educação popular e estavam sendo perseguidas. Uma colega do colégio me acompanhou nessa aventura. Ficamos um tempo por lá, sob a proteção desse religioso, recebendo um salário-mínimo cada uma para trabalhar em um movimento coletivo que tinha sido criado por estudantes e intelectuais para educar pessoas daquela região vulnerável.

Como foi sua entrada na faculdade?

Em 1974, ingressei no curso de sociologia do Instituto de Filosofia e Ciências Sociais da Universidade Federal do Rio de Janeiro [UFRJ]. Por causa da ditadura, era um ambiente onde tudo tinha de ser dito de forma cifrada, porque não se sabia ao certo o que pensavam professores e colegas. Apesar disso, foi um período de muita aprendizagem. Eu tirava boas notas em todas as disciplinas e ajudava meus amigos na leitura de obras difíceis, como os livros do filósofo alemão Karl Marx [1818-1883].

A senhora já estava casada?

Não. Em 1971, Carlos foi para a Espanha visitar a mãe, que estava muito doente e acabou falecendo. Quando iria regressar ao Brasil, foi alertado por amigos de que deveria permanecer no exterior. Se voltasse, corria o risco de ser preso. Em um interrogatório, um de nossos colegas que estava preso foi pressionado para fazer denúncias e acabou citando o nome do Carlos, pois sabia que ele estava fora do país. Porém, com isso, ele entrou na mira dos militares. Na mesma época, um advogado que defendia presos políticos me avisou que meu nome também estava sendo mencionado em interrogatórios. Então, resolvi sair do país para encontrar Carlos, mesmo sem terminar a faculda-



As administrações se modernizaram, mas o meio policial continua seguindo as mesmas normas de comando e disciplina

de. Já tínhamos uma relação próxima e decidimos nos casar em 1976, em Nova York, nos Estados Unidos. Estamos juntos de papel passado há 48 anos.

Como foi a vida no exílio?

Em Nova York viviam vários brasilianistas renomados que apoiavam os brasileiros. Um deles era o historiador e antropólogo Ralph Della Cava, do Queens College, da Universidade da Cidade de Nova York. Ele conseguiu uma vaga para mim naquela universidade, onde finalizei a graduação em 1979. Nessa época, havia um grupo na França que reunia intelectuais e membros da Igreja Católica para financiar os exilados em várias partes do mundo. Esse grupo era presidido pelo pedagogo e educador Paulo Freire [1921-1997], que estava exilado em Paris. Eu e meu marido recebíamos US\$ 500, o que nos mantinha nos Estados Unidos.

E quando retornaram ao Brasil?

Em 1979, com a Lei de Anistia. Eu já estava grávida de minha segunda filha. A neurose de ser preso era tão grande que na viagem inteira de volta, no avião, Carlos ficou rasgando papéis, com medo de a polícia encontrar qualquer coisa que pudesse incriminá-lo. Mas passamos na alfândega sem contratemos.

Como vocês reorganizaram a vida, sem emprego e com duas filhas pequenas, depois do exílio?

Ficamos três anos nos Estados Unidos e a PUC cancelou o contrato com Carlos. Na volta, durante 10 anos, fiz trabalhos de tradução e algumas atividades com o Fundo das Nações Unidas para a Infância [Unicef], como a criação de um centro comunitário na Rocinha. Também iniciei minha trajetória acadêmica. Já Carlos foi recontratado pela PUC-Rio após dois anos da nossa chegada. Começou também a dar aulas na Fundação Getúlio Vargas [FGV] e, mais tarde, foi convidado para atuar na Fiocruz.

Qual foi o tema de seu mestrado?

Fiz minha dissertação em antropologia social no Museu Nacional da UFRJ entre 1981 e 1985. Meu orientador foi o pedagogo com doutorado em história Victor Vincent Valla [1937-2009]. Estudei as condições de vida de trabalhadores da indústria extrativa de minério de ferro em Itabira. Depois da defesa, comecei a dar aulas na PUC e me envolvi com um projeto que procurou investigar as diferentes situações de pobreza existentes no Brasil. A pesquisa foi financiada pelo Ministério do Planejamento. Durante três anos, eu e uma equipe realizamos trabalho de campo em cinco áreas pobres do Rio de Janeiro, entre elas as favelas da Rocinha e Roquete Pinto, esta última uma favela de palafitas. Finalizei o mestrado e, no mesmo ano, entrei no doutorado na Fiocruz.

Como foi a chegada de uma socióloga a uma instituição que, naquela época, era focada em pesquisas na área médica e em saúde pública?

Quando ingressei na Fiocruz, senti que tinha encontrado o meu lugar, onde podia unir a preocupação com o social e minhas ambições acadêmicas. No doutorado, que defendi em 1989, criei uma metodologia para desenvolver pesquisa social qualitativa na área da saúde. Essa abordagem estuda aspectos subjetivos de fenômenos sociais e do comportamento humano, por meio de métodos como entrevistas individuais ou em grupo, análise de documentos e observação. A metodologia que criei partiu do meu conhecimento teórico sobre o tema, mas também por meio das diferentes atividades que realizava naquela época. Por exemplo, na Fiocruz, eu ministrava aulas de pesquisa socioló-

gica para médicos da pós-graduação que cursavam mestrado ou doutorado. Eles estavam acostumados a atuar com atenção de saúde pública epidemiológica de grandes grupos, mas não sabiam olhar para as pessoas de forma particular. Nas aulas, eu mostrava a eles a importância dessas análises individualizadas e me deparava com perguntas que me obrigavam a repensar o modo como explicar o impacto dos problemas da saúde na vida social. A partir dessas experiências, minha tese aborda as teorias, metodologias, estratégias, técnicas e exemplos práticos para a realização de pesquisa social em saúde. O trabalho de doutorado foi publicado em livro, sob o título *O desafio do conhecimento* [Hucitec Editora, 1992]. A obra já está em sua 15ª edição.

E como a violência virou seu tema de pesquisa?

Ainda na década de 1980, o importante pesquisador colombiano Saul Franco veio para a Fiocruz, fugindo da perseguição do narcotráfico. O sanitarista Sérgio Arouca [1941-2003] era presidente da instituição. Ele e Saul consideravam que a Fiocruz precisava criar linhas de pesquisa para investigar como a violência afeta a saúde, algo que o pesquisador colombiano desenvolvia em seu país. Franco atua há 40 anos pesquisando a violência e o conflito armado na Colômbia e seus impactos na vida e na saúde das pessoas. A violência é um fenômeno sócio-histórico e, por si só, não é uma questão de saúde pública nem um problema médico. Mas ela impacta a saúde em diferentes dimensões. Provoca mortes, lesões, traumas físicos, agravos mentais e emocionais. Reduz a qualidade de vida das pessoas e reverbera nos sistemas de saúde, trazendo novos problemas para o atendimento médico preventivo ou curativo. Arouca me convidou para liderar essa linha de estudos na Fiocruz. Aceitei o desafio junto com duas colegas que são minhas parceiras de pesquisa até hoje: a epidemiologista Simone Gonçalves de Assis e a psicóloga Ednilza Ramos de Souza. Elas são grandes companheiras, jamais largamos a mão uma da outra.

O que fizeram a seguir?

Começamos a investigar a situação do município de Duque de Caxias, na Baixada Fluminense, que tinha as maiores taxas de mortalidade por violência do

estado do Rio. Nessa época, pouca gente trabalhava com violência e saúde no Brasil. A jurista especialista em saúde pública Maria Helena Prado de Mello Jorge, da USP [Universidade de São Paulo], era uma delas. Com a pesquisa em Caxias, demonstramos que não apenas a violência impactava na saúde das pessoas, como o próprio sistema de saúde, muitas vezes, era violento. O estudo serviu de base para a criação, no final dos anos 1980, do Centro Latino-Americano de Estudos de Violência e Saúde [Claves] da ENSP.

Suas pesquisas sobre violência e saúde tiveram papel importante na formulação de políticas públicas. Pode falar sobre alguma delas?

Em 1998, o Ministério da Saúde me convidou para atuar como presidente de uma comissão para formular a Política Nacional de Redução da Morbimortalidade por Violência e Acidentes. O programa estabelece protocolos de conduta para diferentes tipos de violência que chegam aos serviços de saúde, mas é uma iniciativa difícil de ser colocada em prática. Muitos profissionais não acreditam, não gostam, ou não querem saber dela. Por exemplo, quando chega uma criança machucada no posto de saúde, ou uma mulher com

o braço quebrado, é preciso identificar se esses casos configuram violência doméstica. No geral, os médicos tratam o braço quebrado e outros ferimentos, mas não perguntam as causas de aquilo ter ocorrido. Eles precisam saber encaminhar o problema para psicólogos, para o Conselho Tutelar ou para a delegacia da mulher.

Essa política foi implantada na década de 1990?

Não. Foi promulgada apenas em 2001, demorou a ser institucionalizada pelo Estado, com o nome de Política Nacional de Redução de Morbimortalidade por Violência. Ela foi, primeiro, adotada na parte relativa a acidentes. Foi um dos elementos que colaboraram, por exemplo, para a criação do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência [Samu], em 2003. Entre 2003 e 2016, a proposta se consolidou. Foram estabelecidos núcleos de formação para abordar os protocolos de conduta em todos os estados, nos grandes municípios. O Claves tem uma parceria com o Ministério da Saúde para realizar esses cursos de formação, que são dirigidos a profissionais da saúde indicados por secretários estaduais e municipais. Esses cursos buscam formar profissionais para lidar devidamente com o problema. Porém, a partir de 2016, o processo de institucionalização da política estagnou.

Qual é a situação dessa política atualmente?

Vivemos um momento de retomada, mas ainda há muito o que fazer. A pedido do Ministério da Saúde, estamos finalizando uma nova avaliação do programa. Identificamos que a área que mais absorveu essa política é a de atenção primária em saúde, que é a principal porta de entrada do Sistema Único de Saúde [SUS]. Conforme a definição do ministério, a atenção primária abarca um conjunto de ações para promover e proteger a saúde, prevenir agravos, realizar diagnósticos, tratamentos e a reabilitação de pacientes. Mas ainda falta muito para que a política seja institucionalizada.

Poderia falar sobre esse viés de pesquisa, que olha para a violência pensando em questões para além da criminalidade?

Sempre digo que nas minhas pesquisas eu não faço segurança pública. O que busco é compreender como a violência, as agressões, impactam a saúde de crian-



**A violência
contra idosos
é historicamente
naturalizada.
Os velhos
sempre foram
maltratados
em nossa
sociedade**

ças e adolescentes, mulheres, idosos, trabalhadores. E isso tanto no âmbito individual, na vida de cada pessoa, como no sistema como um todo, na medida em que essas violências acabam escoando para os serviços de saúde.

Foi com essa abordagem que a senhora pesquisou as organizações policiais?

Realizei junto com minhas colegas duas pesquisas com policiais. A primeira foi com os civis e a segunda com os militares. Nos meus estudos, mostro como eles padecem dos efeitos da violência que convivem no dia a dia. Esses profissionais se queixam de que são tratados por parte da sociedade de forma generalizada, como se todos os policiais agissem de maneira errada. Reclamam da falta de reconhecimento social e também dentro da própria instituição.

Quais são os desafios enfrentados pela polícia hoje no Brasil?

É uma profissão difícil em todo o mundo, mas aqui há desafios maiores em comparação com os Estados Unidos ou países da Europa. A formação em direitos humanos oferecida aos policiais é insignificante e os salários são muito baixos. O mundo se modernizou, as administrações se modernizaram. No meio policial não é assim. Eles continuam seguindo as mesmas normas de comando, disciplina e ordem de antigamente, sobretudo na Polícia Militar, a maior do país. Só em São Paulo temos mais de 90 mil policiais militares. No Rio, são mais de 40 mil.

Como esses problemas impactam na saúde mental desses profissionais?

Escutei de diversos comandantes sobre como eles se sentem solitários, porque precisam dar ordens e aguentar as consequências sozinhos, sem o suporte da instituição. O pessoal do oficialato, em geral, tem mais problemas de saúde mental do que os soldados. Isso porque os soldados, apesar de ganharem pouco, agem conforme as ordens passadas, enquanto os cargos de alto escalão carregam um peso imenso por ter de tomar decisões que impactam na vida de todos os policiais. Eles são obrigados a ir ao enterro de colegas, o que os afeta muito, pois é como se eles se deparassem com a própria morte. Ao mesmo tempo, muito se recusam a buscar atendimento psicológico. Nas minhas pesquisas, es-



Na ditadura, pedi para o pai policial de uma aluna me ajudar a encontrar amigos presos. Ele me disse para sumir, antes que me prendessem

cutei vários deles dizerem que não eram mulherzinhas nem malucos. A única pessoa que costumam ouvir é o capelão. E, se a única pessoa que eles escutam é o capelão, então a saída é que o capelão também seja psicólogo. Acompanho de perto essa questão não apenas na academia, mas também no âmbito familiar. Um dos meus genros é instrutor de tiro e especialista em sequestros na Polícia Civil do Rio. A maior quantidade de horas-aula da formação dos policiais é em treinamento de tiro. Ele, que dá aulas na Academia de Polícia e para policiais militares, costuma dizer que uma das coisas mais importantes no ofício de policial é aprender a não atirar em tudo o que vê. Mas e como ficam as questões humanas, inclusive as deles próprios?

Com tantas atividades, sobra tempo para ter hobbies?

Faço ginástica uma vez por semana e gosto muito de ler. Nas férias de janeiro, por exemplo, devorei cinco livros de literatura. Também sou muito próxima das minhas filhas. Tenho um neto, duas netas e uma quarta neta que chega agora, em maio. São a alegria da minha vida e todos são muito inteligentes. Uma das minhas netas, de 9 anos, está escrevendo um livro para a irmãzinha que vai nascer.

O que está pesquisando no momento?

Ultimamente, tenho estudado muito a questão dos idosos dependentes, que são os que mais sofrem nessa faixa etária, independentemente da classe social. Como não conseguem ter autonomia para levar a vida, ficam esquecidos. Faço pesquisa empírica e já mapeei diversos casos de pessoas que vão trabalhar e deixam os idosos sozinhos, deitados na cama, sujeitos e sem comer. Eu ando empenhada em levantar subsídios para que o Brasil crie uma política específica para idosos dependentes. O Canadá, os Estados Unidos e a Europa têm iniciativas nesse sentido, que partem dos governos centrais e articulam a participação de governos locais, empresas e sociedade civil. Assim, a família não fica abandonada nessa empreitada. Também estou finalizando uma pesquisa sobre idosos em prisões do Rio de Janeiro. Minha parceira, a psicóloga Patrícia Constantino, também da Fio-cruz, coletou os depoimentos em todos os cárceres do estado e realizou os trabalhos de campo. Há relatos e achados impressionantes. A maioria dos idosos encarcerados no estado estudou só até a quarta série, 15% não sabem ler nem escrever, mas, por outro lado, 81% deles nutrem expectativas positivas em relação à vida social no futuro. Apesar de ser um tema de pesquisa bem atual, investigo a violência contra idosos desde 1995. Essa violência é historicamente naturalizada. Os velhos sempre foram maltratados em nossa sociedade. Décadas atrás, eram jogados de pirambeiras, ficavam sem comer. É um mito a ideia de que, no passado, eles eram mais bem tratados. Hoje, o Brasil conta com o Estatuto do Idoso [Lei nº 10.741, 2003], que foi um marco importantíssimo na proteção desses indivíduos no país.

E quais são seus projetos para o futuro?

Por causa do estudo sobre a população de idosos encarcerados no estado do Rio de Janeiro, recebi, neste ano, um convite do Ministério da Saúde para coordenar uma pesquisa sobre as condições de saúde da população carcerária, como um todo, no país. É um grande desafio, mas resolvi aceitar. A gente vai envelhecendo, mas segue fazendo pesquisas, dando aulas, orientando projetos e publicando livros. Ter propósito faz bem e me faz acreditar no futuro. Sou grata à vida e à generosidade dos que me cercam. ■



**SEJA GENTIL
E FAÇA
A COISA CERTA**

Pareceres científicos grosseiros, pouco construtivos e até discriminatórios comprometem a eficácia da revisão por pares

Sarah Schmidt | ILUSTRAÇÕES Cássia Roriz

“Tenho medo de que este manuscrito possa contribuir não tanto para o avanço do campo do conhecimento, mas para o seu declínio.”

“Você teve uma convulsão quando escrevia essa frase? Porque isso aconteceu comigo enquanto lia.”

“Este é um artigo lutando para não morrer.”

Os comentários cáusticos e grosseiros acima, que lembram insultos publicados em redes sociais, foram extraídos de pareceres enviados a pesquisadores depois que eles submeteram artigos para a avaliação de revistas ou congressos científicos. A expectativa dos autores era de que os trabalhos recebessem críticas construtivas, que permitissem aperfeiçoar pontos fracos e apontar novos caminhos. Afinal, os revisores são seus pares, cientistas atuando no mesmo campo do conhecimento, que cederam seu tempo de forma voluntária para ler versões preliminares de *papers* de colegas. Em vez de ajudar, contudo, esses pareceristas impuseram uma experiência traumática, que pode ser particularmente assustadora para jovens autores tentando se situar na carreira acadêmica.

Mas, afinal, as frases mal-educadas acima não foram escritas em vão. Compiladas em quatro bancos de dados abertos por cientistas da computação do Instituto Indiano de Tecnologia, em Patna, elas integram um conjunto de 2.716 frases proferidas em processos de revisão por pares (algumas mal-humoradas, outras polidas ou neutras). Foram utilizadas para criar um algoritmo, por enquanto um protótipo, que, se avançar, poderá ser útil para editores e revisores que desejam analisar o tom e a qualidade de suas avaliações em língua inglesa – e modificá-las, se for o caso. O trabalho é parte do doutorado do cientista da computação Prabhat Kumar Bharti e foi publicado em fevereiro na revista *Scientometrics*.

Para treinar a ferramenta, os pesquisadores indianos usaram técnicas de linguística compu-

tacional e estabeleceram duas categorias – construtividade e polidez (*ver quadro*) – nas quais um parecer pode ser classificado. Em uma primeira etapa, as frases foram analisadas por quatro anotadores humanos. Eles chegaram a um consenso de 88,27% ao classificar os níveis de construtividade e de 83,49% para os de polidez. O modelo computacional, depois de treinado, coincidiu com a classificação dos humanos em 87,4% das frases. O estudo observou que, em geral, quanto mais construtivo é o comentário, mais educado ele também costuma ser.

Não é novidade que grandes bases de dados científicos sejam utilizadas para desenvolver e refinar algoritmos e ferramentas – no Brasil, informações da plataforma de currículos Lattes analisadas computacionalmente vêm sendo usadas para ampliar a compreensão sobre a atividade científica no país e apontar tendências (*ver Pesquisa FAPESP n° 233*). Bharti explicou em seu perfil do LinkedIn que o propósito da linha de investigação é justamente extrair novos conhecimentos de uma vasta quantidade de conteúdo acadêmico. Ele e seus colaboradores destacam o potencial do modelo que desenvolveram em um sistema de comunicação científica que reúne mais de 70 mil revistas com artigos revisados por pares – são cerca de 2 milhões de manuscritos analisados a cada ano. Mais do que facilitar o trabalho dos cientistas avaliadores, um dos objetivos do estudo, segundo os autores, é alertar para o estrago causado pelos julgamentos destrutivos. “Alguns revisores têm demonstrado comportamento não profissional, fazendo comentários depreciativos sobre gênero, raça, etnia e país de origem do autor”, escreveram.

O cientista da computação Jesús Mena-Chalco, da Universidade Federal do ABC (UFABC), observa que a criação de ferramentas como a proposta pelo grupo da Índia pode ser útil como um primeiro filtro quando editores têm um grande volume de pareceres para avaliar. Ele conta que já foi vítima de um comentário que em tom grosseiro exigiu um certificado profissional de revisão da língua inglesa. “Reconheci a necessidade de melhorar o trabalho, mas a sugestão poderia ter

sido dita de outra forma. Há maneiras de pedir: algumas vão nos encorajar e outras vão fazer o oposto”, comenta.

Para a linguista Maria José Bocorny Finatto, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e especialista em linguística computacional, a proposta dos indianos joga luz sobre um problema crucial da avaliação por pares. “Esse tema precisa ser debatido em diversos ambientes, das revistas às agências de fomento”, diz ela, que também já recebeu um parecer impróprio e indelicado. “A mensagem era desagradável e me atacava como mulher pesquisadora”, recorda-se.

O tamanho do problema já foi investigado em outros estudos. Um artigo publicado em 2019 mostrou que 58% dos 1.106 pesquisadores de 46 países afirmaram ter recebido ao menos uma revisão não profissional de periódicos. Alguns dos participantes, todos eles das áreas de ciência, tecnologia, matemática e engenharia (Stem), compartilharam trechos dessas avaliações, tais como “Fulano tentou isso nos anos 1990 e falhou, e ele era mais criativo do que você”; “Este artigo é, simplesmente, estérco”; “A condição do autor como uma pessoa trans distorceu sua visão sobre sexo além da realidade biológica”. Esse estudo de 2019 dimensionou a percepção dos pesquisadores sobre os impactos desses comentários em três aspectos: a aptidão científica (confiança como cientista), a produtividade (publicações por ano) e o progresso na carreira (habilidade de avançar dentro do campo). Os resultados indicaram que homens brancos tinham mais chances de dizer que o parecer não os afetava do que homens negros, mulheres e pessoas não binárias brancas e negras. Ou seja, os autores concluíram que pesquisadores do sexo feminino e de grupos minoritários parecem se sentir mais abalados com esses pareceres grosseiros.

EM BUSCA DE MODELOS CONSTRUTIVOS

É certo que a maioria das revistas científicas tem diretrizes para orientar a avaliação por pares, mas elas não garantem que o resultado será construtivo e profissional, reflete a linguista Márcia Sipavicius Seide, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Desde 2020 ela coordena clubes de escrita e cursos de formação de editores como atividade de extensão da universidade e, por vezes, acompanha os pareceres que os participantes recebem de artigos submetidos. “Alguns comentários são rudes e não apontam caminhos”, diz ela, que é editora da revista *Onomástica desde América Latina*. “Se o parecer não aponta o que há de errado no trabalho e apenas o

OS HUMORES DOS REVISORES

Exemplos de avaliações de artigos que podem ser pouco ou muito construtivas e polidas

SEGUNDO A CAPACIDADE DE CONTRIBUIR COM O AUTOR DO PAPER



DESTRUTIVA (OU ALTAMENTE NÃO CONSTRUTIVA)

A análise não se detém sobre os problemas do artigo e questiona a capacidade dos autores.

“No geral, acredito que este artigo é uma boa contribuição para parar de estudar ciência.”



NÃO CONSTRUTIVA

O revisor expressa sua frustração com o artigo mas não diz como melhorá-lo.

“A menos que algo tenha me escapado, não encontrei nenhuma ideia nova proposta neste paper.”



NEUTRA

Faz análises genéricas e se concentra em detalhes formais do artigo.

“Por favor, adicione rótulos aos eixos da Figura 2; atualmente é muito difícil de ler.”



CONSTRUTIVA

O revisor critica partes específicas do artigo, e não o conteúdo completo, fazendo recomendações para essas seções.

“Eu sugeriria que os autores mostrassem a quantificação dos dados de western blot nas figuras.”



INSPIRADORA (OU ALTAMENTE CONSTRUTIVA)

O revisor analisa e critica todo o artigo minuciosamente e mostra como melhorá-lo, com exemplos concretos e referências sucintas.

“Eu ficaria feliz em ver o efeito da sua técnica em algoritmos como TRPO e PPO, que exigem uma abordagem estocástica para exploração, e onde eu acredito que o limite do papel da divergência de Kullback-Leibler é impedir que o nível de estocasticidade entre em colapso muito rapidamente.”



SEGUNDO O GRAU DE POLIDEZ



MAL-EDUCADA

O revisor usa linguagem abusiva ou explícita ao escrever o parecer.

“Este artigo é absolutamente ridículo. Não deveria ser publicado em nenhum lugar e o autor não deveria ser incentivado a corrigi-lo.”



NEUTRA

A análise não utiliza palavras elogiosas nem depreciativas.

“O estudo parece sólido do ponto de vista técnico para mim, e sua contribuição é incremental, pois se baseia em pesquisas existentes, que são corretamente identificadas.”



BEM-EDUCADA

A característica principal é a presença de marcadores de cortesia como “por favor” e “poderia” na avaliação.

“Na minha opinião, a novidade do método proposto é limitada. Você poderia, por favor, trabalhar nisso? Há algumas outras diferenças (teóricas ou práticas) que estou deixando escapar?”



recusa, o autor não saberá por onde ir e isso é um prejuízo para a ciência como um todo.”

Essa percepção a motivou a criar modelos para avaliar a qualidade de pareceres científicos baseados em rubricas, conjuntos de critérios usados para medir o desempenho de um texto escrito por meio de pontuações, como nas redações de vestibulares. O objetivo é que eles sejam pedagógicos, educados, justificados e apontem caminhos para a pesquisa, em qualquer área do conhecimento. Seide propôs três modelos: para aprovação condicional de artigo, em que é preciso fazer ajustes; para reprovação, quando o *paper* não é aceito; e para aprovação direta, sem ajustes. Cada um tem quatro critérios e cinco níveis, e somam entre 10 e 20 pontos – quanto mais pontos, melhor é a qualidade da análise. Eles foram descritos em um artigo publicado em julho de 2023 na *Revista Meta: Avaliação*.

No aceite condicional, um dos critérios para que um parecer seja bom leva em conta se o avaliador dialoga com o autor, se faz perguntas e explica o que pode ser feito para melhorar o texto. “Já o texto de reprovação precisa ser polido, educado e não desqualificar quem escreveu o manuscrito. E o de aprovação direta soma mais pontos se justificar o elogio, informando por que o trabalho foi considerado bom”, explica. Para ela, como a avaliação de um artigo é um processo subjetivo, as rubricas podem deixá-lo mais transparente. Desde 2023 ela tem usado a metodologia para avaliar os comentários dos revisores da revista *Onomástica*. “Sempre confiro se a avaliação, quando aponta falhas, traz sugestões visando a resolução do que foi apontado como ponto fraco do artigo. Quero que o autor se sinta motivado a continuar escrevendo.”

Para minimizar esses problemas, há publicações que procuram destacar o trabalho dos bons avaliadores. Desde 2008, a *American Physical Society* (APS) reconhece cerca de 150 pareceristas “que têm sido excepcionalmente úteis na análise de manuscritos para publicação nos periódicos

da APS”, segundo o site da instituição, que tem uma base de 91.600 revisores ativos. Em 2024, entre os 156 pesquisadores de 58 países destacados como *Outstanding referees* está o físico Paulo Campos, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), único brasileiro na lista deste ano. Para ele, o caminho da crítica construtiva é apontar direcionamentos para que o artigo seja aprimorado. “Se ele tem potencial para a aprovação, é preciso indicar direções e lacunas. Se for uma negativa, é preciso sinalizar os problemas”, observa Campos, que é parecerista de periódicos da APS desde 2001. Ele vê o papel do editor científico como fundamental para filtrar comentários agressivos e pedir complementos para aqueles que não são construtivos.

O editor de periódicos na área de odontologia Sigmar de Mello Rode explica que, muitas vezes, é preciso reformular os pareceres ou mesmo pedir mais esclarecimentos aos avaliadores que não embasam adequadamente suas sugestões. Rode, pesquisador da Universidade Estadual Paulista (Unesp), é presidente da Associação Brasileira de Editores Científicos (Abec-Brasil), que criou um curso para avaliador de artigo científico. A iniciativa trabalha o passo a passo do que é preciso observar para fazer uma análise crítica e correta. “Tivemos mais de 550 inscritos em dois anos de curso e percebemos que existe a necessidade de querer saber como fazer, já que muitas vezes as orientações aos avaliadores das revistas não são completas”, diz Rode.

“Ainda discutimos pouco sobre a escuridão do processo de revisão por pares, ao qual, muitas vezes, os autores não têm acesso”, comenta o especialista em tecnologia e mídias digitais Alex Mendonça, coordenador do servidor SciELO Preprints. Segundo ele, é recorrente ouvir de editores de periódicos abrigados na biblioteca SciELO problemas com avaliações destrutivas ou sucintas. “Não há uma bala de prata para lidar com essa situação, mas temos endossado a migração para a ciência aberta incluindo a revisão por pares. À medida que pareceres se tornarem públicos, os avaliadores pensarão mais antes de tecer comentários rudes e preconceituosos.” No Brasil, ele destaca o exemplo da *Bakhtiniana: Revista de Estudos do Discurso*, que começou a anexar ao conteúdo dos artigos o julgamento dos revisores e a mostrar a identidade deles. Eventualmente, o comentário pode receber um DOI (*Digital Object Identifier*), identificador único de documentos digitais. “Dessa forma, pode ser incluído no currículo do parecerista, valorizando o seu trabalho e estimulando a fazer uma avaliação construtiva”, sugere Mendonça. ■

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

NOVAS ALIANÇAS NOS MARES DO SUL

Escassez de informações e problemas comuns, como as mudanças climáticas, motivam parcerias científicas internacionais

Carlos Fioravanti

Pesquisadores do Brasil, da Argentina e da França estão trabalhando juntos para definir e anunciar em breve as linhas principais dos primeiros projetos de pesquisa a serem financiados por meio do Programa para o Atlântico Sul e a Antártida (Proasa), apresentado publicamente no início de abril. Planejado desde 2018, o primeiro programa de pesquisa da FAPESP focado no mar e no continente gelado pretende ampliar o conhecimento científico sobre a região, fortalecer as redes nacionais e internacionais de pesquisa, estabelecer um monitoramento integrado e contínuo dessa parte do Atlântico e promover o desenvolvimento sustentável.

“Não dá para buscar a sustentabilidade sem pensar nesses dois ambientes, na importância que têm, em como estão vulneráveis e nas lacunas de conhecimento sobre eles”, explica o coordenador do programa, o biólogo Alexander Turra,

Antártida, um dos espaços para novas pesquisas de equipes conjuntas do Brasil, da Argentina e França

do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP). “Também existe um consenso internacional de que é preciso ampliar o volume de investimento em ciências oceânicas e o programa busca colaborar nesse esforço.” O Proasa segue os princípios da Década do Oceano (2021-2030), coordenada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) (ver Pesquisa FAPESP nº 321).

Integrado inicialmente pela FAPESP, pelo Centro Nacional da Pesquisa Científica (CNRS), da França, e pelo Conselho Nacional de Investigações Científicas e Técnicas (Conicet), da Argentina, o Proasa pretende incentivar a adesão de outras instituições nacionais e internacionais que possam produzir e aplicar as informações resultantes dos projetos científicos.

“Sem a pesquisa científica, a governança do mar seria impossível”, comentou o contra-almirante Ricardo Jaques Ferreira, secretário da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (Cirm), da

Marinha, que apoia expedições e desde 1982 coordena o Programa Antártico Brasileiro (ProAntar). Um dos propósitos do Proasa é reforçar o financiamento a pesquisas em curso na Antártida.

“Nosso conhecimento sobre o oceano é insuficiente para alcançar soluções sustentáveis”, enfatizou o diplomata Peter William Thomson, enviado especial da Organização das Nações Unidas (ONU) para o Oceano, que participou, por vídeo, do lançamento do programa. Turra reforça: “Precisamos compartilhar informações”.

“A quantidade de dados disponíveis sobre o Atlântico Sul é surpreendentemente escassa em comparação, por exemplo, com o Atlântico Norte. Um dos objetivos do Proasa é ajudar a preencher essa lacuna e trazer novas contribuições em todas as áreas do conhecimento, incluindo a oceanografia física e biológica, os recursos oceânicos, o papel na determinação do regime de chuvas, além de questões econômicas, relações internacionais e

diplomacia científica”, disse Marco Antonio Zago, presidente do Conselho Superior da FAPESP, na abertura do evento, como relatado pela Agência FAPESP.

Na avaliação da oceanógrafa física Olga Sato, também do IO-USP, os países da região, ainda que mantenham infraestruturas computacionais com diferentes graus de maturidade, deveriam adotar os mesmos procedimentos para armazenar e compartilhar os dados de suas pesquisas. “Em analogia à linguagem falada, se cada um falar uma língua diferente ao expor suas ideias, ninguém conseguirá entender. Devemos ter uma padronização da forma como os dados são incluídos nas bases para que o compartilhamento seja eficiente”, ela comentou. “Não precisamos reinventar nada, mas trabalhar para uniformizar os protocolos utilizados pelas bases de dados.”

Sato foi a representante brasileira na reunião de novembro de 2023 na Cidade do Cabo, na África do Sul, da Cooperação Atlântica para a Pesquisa e Inovação



Oceânica (AANChOR). Formada por 16 países da Europa, da África e da América do Sul, a AANChOR é uma expressão da Declaração de Belém, um acordo assinado na Torre de Belém, em Lisboa, em 2017, para ampliar as pesquisas oceânicas conjuntas sobre o Atlântico Sul e Norte. Em 2023, a Cooperação Atlântica lançou o projeto-piloto All-Atlantic Data Enterprise 2030 (AA-Data2030), sob a coordenação de Sato, para conectar redes regionais de informações sobre o Atlântico Sul em uma base transnacional aberta.

“O Brasil, com um litoral que toma metade do Atlântico Sul, tem um papel relevante nos acordos de cooperação internacional”, comenta a bióloga Andrea Cancela da Cruz, coordenadora-geral de Ciências para o Oceano e Antártica, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). O Brasil, ela ressaltou, participa desde 2005 de diálogos sobre a ciência oceânica no Ibas (Índia, Brasil e África do Sul) e desde 2017 no Grupo de Trabalho Brics (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) sobre Ciência e Tecnologia Oceânica e Polar, cujos integrantes se reuniram pela primeira vez em julho de 2018 em Brasília.

Para a especialista britânica e brasileira em relações internacionais Maísa Edwards, “os países têm de pensar em conjunto em como resolver os grandes problemas mundiais, como as mudanças climáticas”. Em um artigo publicado em maio de 2023 na revista *Conflict, Security & Development* e em seu doutorado, defendido em junho do ano passado, no âmbito do convênio de dupla titulação entre o King’s College de Londres e a

USP, ela examinou a história e a evolução da Zona de Paz e Cooperação do Atlântico Sul (Zopacas).

Com base em documentos do Itamaraty e da ONU, somados a entrevistas com embaixadores e diplomatas, ela concluiu que o Brasil detém uma posição de liderança desde a criação dessa zona de paz, instituída em 1986 pela Assembleia Geral da ONU, com 22 países-membros, da América do Sul e da África (a Namíbia e a África do Sul entrariam depois). As primeiras reuniões foram no Rio de Janeiro em 1988 e em Brasília em 1994.

Uma década após o que Edwards chama de “relativa dormência”, houve uma revitalização da Zopacas: 16 dos 24 membros voltaram a se reunir em abril de 2023, em Cabo Verde, e o próximo encontro está previsto para 2026 no Brasil. “A Zopacas é importante para promover a paz e fortalecer os laços entre países-membros”, diz a pesquisadora. Concebida para evitar a militarização e a proliferação de armas nucleares no Atlântico Sul durante a Guerra Fria (1947-1991) e agora vista como estratégica para combater a pirataria e o tráfico de armas e de drogas no Atlântico Sul, a Zopacas poderá apoiar atividades científicas, entre elas o mapeamento e a exploração do leito marinho.

A atenção redobrada nos acordos do chamado Sul-Sul representa uma retomada da agenda da política externa do início da década de 2000, após a qual os investimentos e o diálogo internacional

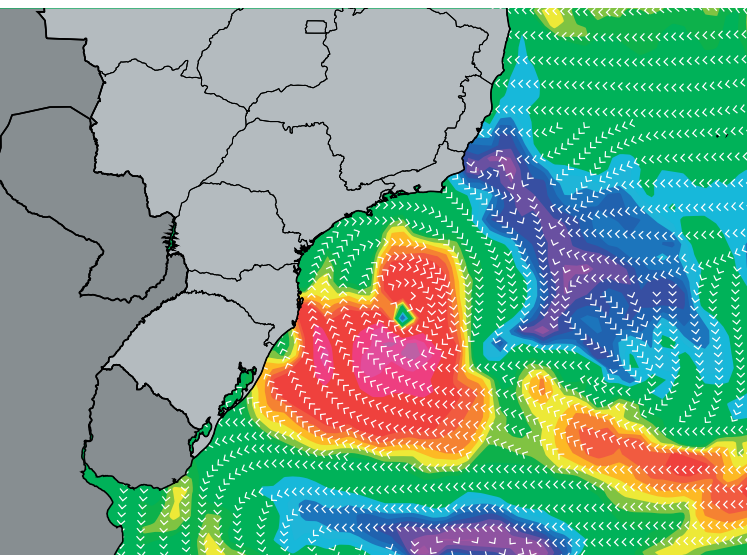
esmoreceram, na avaliação da cientista política Janina Onuki, do Departamento de Ciência Política da USP. “O Brasil tenta retomar ao menos parte da liderança perdida nos últimos anos em duas áreas nas quais se sente à vontade, a ciência e o ambiente, mas o cenário internacional mudou em 20 anos”, ela acentua. “Agora há competidores fortes, como a China, também interessada na liderança e com mais recursos para investir.”

Essa porção do Atlântico, delimitada ao norte pelo Equador e ao sul pela Antártida, cobre 40,2 milhões de quilômetros quadrados (km²), pouco menos que o Atlântico Norte (41,3 milhões de km²). Essa imensa massa de água salgada foi decisiva para a história do Brasil, por constituir a rota dos ventos que empurraram as caravelas dos portugueses no século XVI, e exerce grande influência sobre o clima dos continentes que a cercam. Foi uma importante área de transporte de ouro, prata, madeiras, açúcar e negros escravizados até a primeira metade do século XIX e ainda hoje integra as rotas comerciais marítimas.

COOPERAÇÃO COM A MARINHA

Do ponto de vista da ciência, o Atlântico Sul é o menos conhecido dos oceanos. “Foi o último a se formar após a separação da América do Sul e da África e está cercado por países em desenvolvimento, a maioria sem muitos recursos para investir em ciência”, diz o biólogo Frederico Brandini, do IO-USP. “Durante muitos anos, como nós, os pesquisadores argentinos dependiam dos navios da Marinha para ver onde e quando poderiam fazer trabalhos de campo.” Nas primeiras viagens do Programa Antártico Brasileiro, ele se lembra, era preciso insistir com os comandantes do navio da Marinha Barão de Teffé para fazer o mesmo caminho das viagens anteriores, já que tinham de comparar os resultados das coletas de organismos marinhos.

Em uma das viagens à Antártida, como o navio passaria pela capital argentina, Brandini, então ainda na Universidade Federal do Paraná, convidou o oceanógrafo Demetrio Boltovskoy, da Universidade de Buenos Aires (UBA), que embarcou com estudantes de seu grupo. “Fizemos grandes trabalhos sobre plâncton [organismos aquáticos geralmente microscópicos levados pelas correntes marinhas], bastante citados até hoje por



Tempestade no litoral sul do Brasil em março de 2004, com correntes marinhas (setas) e temperatura da água (violeta, mais fria; vermelho, mais quente)



Base brasileira de pesquisa na Antártida em 2021

outros pesquisadores”, conta Brandini. O Proasa busca também promover esse tipo de interação.

O oceanógrafo Alberto Piola, também da UBA, que colaborou em um dos artigos, há pelo menos 25 anos mantém uma intensa colaboração com o grupo de Edmo Campos, do IO-USP. “Nos primeiros 10 anos, a pesquisa tratou do efeito do rio da Prata na plataforma continental da Argentina, do Uruguai e sul do Brasil. Desde 2009, nossa colaboração aborda a circulação meridional do Oceano Atlântico Sul por meio do projeto Samoc [South Atlantic Meridional Overturning Circulation] e da mudança de temperatura da água do fundo da Antártida.”

Alvo da primeira expedição do navio de pesquisa oceanográfica Alpha-Crucis, em 2013 (ver Pesquisa FAPESP nº 203), o Samoc criou “uma cultura que é geralmente vista como inclusiva para mulheres”, de acordo com pesquisadoras dos Estados Unidos, Alemanha e África do Sul que examinaram a história do projeto em um artigo publicado em janeiro na *Communications Earth & Environment*.

Novas possibilidades de cooperação internacional têm sido debatidas ultimamente. Na reunião anual da Assembleia Geral da ONU, realizada em setembro de 2023 em Nova York, representantes de 32 países assinaram a Declaração sobre Cooperação Atlântica, para promover em conjunto o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental. O secretário de Estado dos Estados Unidos, Antony

Blinken, em entrevista à agência *Associated Press*, destacou que o Atlântico acolhe a maior quantidade de transporte marítimo internacional e, por meio de cabos submarinos, é uma relevante via de tráfego de dados, mas está ameaçado pelas alterações climáticas, que trouxeram tempestades mais fortes e mais devastadoras, como as do sul do Brasil no início de setembro. “O Atlântico liga-nos e sustenta-nos como nunca”, disse Blinken.

A National Science Foundation (NSF), uma das principais agências de apoio à ciência nos Estados Unidos, apoia desde 1986 estudos de pesquisadores de universidades norte-americanas no Atlântico Sul em temas como variações do campo magnético, acidificação, correntes marinhas, biodiversidade e absorção de gás carbônico.

Por sua vez, o Reino Unido investe em pesquisas sobre o Atlântico Sul por meio da organização não governamental (ONG) Instituto de Pesquisas Ambientais do Atlântico Sul (Saeri). Criado em 2012, o Saeri recebe estudantes de pós-graduação e cientistas dos Estados Unidos e de países da Europa, que publicaram em média 13 artigos por ano nos últimos cinco anos sobre biodiversidade e ambientes aquáticos e marinhos.

O Saeri faz parte de uma crescente rede internacional de ONGs que procu-

ram trabalhar com órgãos de governos e universidades. Para conhecer o alcance da colaboração científica na região, um grupo da Universidade Estadual de Santa Cruz, na Bahia, identificou 526 instituições (ONG, institutos de pesquisa, universidades e agências governamentais) que atuam no chamado Cone Sul, formado por Chile, Argentina, Paraguai, Uruguai e quatro estados do Brasil (os três da região Sul e São Paulo).

Um dos grupos, selecionado para análises mais aprofundadas, inclui 23 organizações que integram o Fórum para a Conservação do Mar da Patagônia, das quais 12 da Argentina, 4 dos Estados Unidos, 2 do Chile, 2 do Brasil, 2 do Uruguai e 1 do Reino Unido, criadas entre 2004 e 2020. Como descrito em um artigo publicado na edição de outubro da revista *Environmental Science & Policy*, as 23 organizações mobilizaram 529 pesquisadores ou instituições, produzindo 272 artigos científicos em inglês, português ou espanhol de 2004 ou 2021, com uma média de seis instituições por publicação. “Qualquer país tem de lembrar que, para avançar, depende dos outros”, reitera Janina Onuki. Piola, de Buenos Aires, valoriza as iniciativas institucionais e ressalta a importância das relações pessoais, “muito importantes para criar confiança entre os grupos de pesquisa e fortalecer as colaborações”. ■

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



BOAS PRÁTICAS

O eco de antigas palavras

Pesquisadores e revistas discutem limites para que autores possam reaproveitar trechos de seus trabalhos anteriores em novos artigos

E stá longe de alcançar um consenso o debate sobre os limites éticos da reciclagem de texto, que é o reaproveitamento em um manuscrito científico de trechos de trabalhos anteriores do mesmo autor. O recurso, detectável facilmente por softwares que apontam similaridade textual, é classificado frequentemente como “autoplágio”, uma variante atenuada do plágio. Mas há movimentos para lidar com essa prática de forma mais flexível, mesmo que em circunstâncias bem específicas. Um editorial publicado em março na revista *Nature Human Behaviour* abordou a reciclagem sob um prisma tolerante, encorajando seu uso, por exemplo, na apresentação de metodologias que sejam idênticas às que já foram descritas em experimentos prévios do pesquisador.

Segundo a revista, o importante é tratar uma eventual reutilização de forma transparente, deixando claro para o leitor que há trechos copiados e incluindo os artigos inspiradores nas referências do novo trabalho. Salvo na transcrição da metodologia, contudo, o reaproveitamento é “muito menos desejável ou justificado”, de acordo com o editorial: “Como editores, às vezes encontramos *papers* nos quais partes consideráveis da intro-

dução, dos resultados ou das seções de discussão são copiadas palavra por palavra de publicações anteriores do mesmo autor ou autores. Leitores e editores esperam originalidade nessas seções”.

Para além das preocupações éticas, um estudo que repete o que já está escrito em outro dificilmente resultará em algo surpreendente e, na experiência dos editores, é comum que o fragmento replicado não faça nenhuma diferença e funcione apenas como uma muleta. “Reutilizar trechos padronizados fora da seção de métodos não é apenas problemático, mas também pode obscurecer o ponto específico que você está tentando enfatizar em um artigo e reduzir sua clareza e impacto. Se você sempre escreve o mesmo parágrafo em todos os seus trabalhos, vale a pena considerar se esse parágrafo realmente precisa estar presente em alguns deles”, sustentam os editores da revista.

A ideia de que existem modos apropriados de reutilizar textos científicos não é nova e vem sendo explorada, nos últimos anos, por um projeto sediado na Universidade Duke, nos Estados Unidos, com financiamento da National Science Foundation (NSF), principal agência norte-americana de apoio à ciência básica. Os responsáveis pela iniciativa, denominada Projeto de Pesquisa sobre Reciclagem de Textos, publicaram em 2023 um estudo na revista *Bioscience* em que enumeram equívocos frequentes na discussão sobre o reaproveitamento. De acordo com eles, não é certo afirmar que o recurso é necessariamente antiético, pois várias revistas aceitam manuscritos com trechos reciclados – isso quando o réus se restringe a poucas frases ou a seções meramente descritivas e quando os autores não escondem que o fragmento é copiado de trabalhos prévios.

Da mesma forma, eles consideram errado usar o termo “autoplágio”. “A reciclagem de texto não se apropria da propriedade intelectual de terceiros nem os priva do crédito pelo seu esforço”, informa o *paper*. “O plágio nunca é ético.” Afirmando, ainda, que a prática não é rara – comumente pesquisadores resgatam trechos escritos para pôsteres ou anais de conferências sobre seus experimentos na hora de produzir artigos a respeito de seus resultados.

“O maior desafio envolvendo a reciclagem de texto provavelmente é a falta de normas consistentes”, disse Cary Moskovitz, professor do Programa de Escrita Científica da Universidade Duke e coordenador do projeto, em um seminário promovido pelo Instituto Nacional de Ciências da Saúde Ambiental dos Estados Unidos. Ele observou que as práticas aceitas variam entre os campos do conhecimento. Em um estudo publicado por seu grupo em 2020 na revista *Learned*

Publishing, foram entrevistados 21 editores de periódicos de diferentes disciplinas e apenas três afirmaram não tolerar nenhum tipo de reaproveitamento. Os outros 18 informaram que, a depender do contexto e da quantidade de trechos reutilizados, não se incomodam.

Em uma tentativa de estabelecer normas, o projeto lançou um guia de boas práticas sobre reciclagem de textos científicos. Segundo o documento, a reprodução de trechos já publicados pelo próprio autor é até recomendada em seções de um artigo em que “a consistência da linguagem for necessária para uma comunicação precisa”, como a descrição de métodos e de instrumentos. Quando os excertos copiados são muito extensos, é preciso avaliar se isso não infringe regras do periódico em que o novo *paper* será publicado e consultar o editor. Se o pesquisador compartilhar os direitos autorais de artigos prévios com os periódicos que os publicaram, é indispensável pedir autorização a essas revistas para a reprodução. Outra recomendação é anexar ao trabalho uma declaração notificando os leitores de que há material reciclado. Cumpridas tais exigências, diz Moskovitz, a reprodução pode ser feita de forma ética e segura. “A boa ciência se materializa quando os pesquisadores se baseiam lenta e metodicamente não apenas em estudos de outras pessoas, mas também em seus próprios trabalhos anteriores. Se dissermos aos autores para não reaproveitarem textos porque há algo inerentemente indigno de confiança ou enganoso nesse procedimento, isso vai causar problemas para a ciência”, afirmou.

As diretrizes do projeto vêm sendo utilizadas por editores de periódicos – o próprio editorial da *Nature Human Behaviour* as menciona –, mas dificilmente pacificarão o assunto na comunidade científica. “É amplamente compreendido que cada manuscrito publicado incluirá novos conhecimentos e resultados que avançam nossa compreensão do mundo. Quando o seu manuscrito contém informações recicladas, você contraria a suposição tácita de que está apresentando descobertas inteiramente novas”, escreveram os biólogos norte-americanos Ben Mudrak e Kimberly Yasutis, no artigo de opinião “Autoplágio: Como defini-lo e por que você deve evitá-lo”. O texto foi publicado no site da empresa norte-americana para a qual os dois colaboram, a American Journal Experts (AJE), vinculada ao grupo Springer Nature, que presta serviços para autores que não têm o inglês como língua nativa na edição, tradução e revisão de artigos. Mudrak e Yasutis sugerem um truque simples para evitar a tentação de reutilizar textos: na hora de escrever o próximo artigo, deve-se abrir um arquivo novo em vez de partir de um rascunho com algo que já foi divulgado. ■

Fabício Marques

Editores de revista de linguística renunciam e fundam novo periódico

Os editores da *Syntax*, uma revista acadêmica da área de linguística, renunciaram a seus cargos em março em protesto contra mudanças impostas pela editora Wiley, que publica o título há 26 anos. Em uma carta aberta, os linguistas Klaus Abels, do University College London, na Inglaterra, e Suzanne Flynn, do Instituto Tecnológico de Massachusetts, nos Estados Unidos, afirmaram que a permanência deles ficou insustentável depois que a Wiley, para cortar custos, atribuiu as tarefas de edição de texto a uma equipe de produção sem conhecimento especializado em linguística. Segundo eles, esse time não está apto a lidar de forma confiável com caracteres em línguas estrangeiras ou diagramas sobre estruturas de sentenças, entre outras particularidades, o que poderia comprometer o rigor e a qualidade da revista. Abels estava à

frente da *Syntax* desde 2013 e Flynn foi uma de suas fundadoras.

Na carta aberta, os dois editores anunciaram a fundação de um novo periódico, batizado provisoriamente de *Syntactic Theory and Research*, que pretende dar sequência à tradição da *Syntax* e seguirá o modelo de acesso aberto diamante, em que nem os autores pagam taxas de publicação nem os leitores têm qualquer custo para acessar os artigos. A revista será mantida pela Open Library of Humanities, uma editora sem fins lucrativos, e terá como base o trabalho voluntário e colaborativo de linguistas.

Só neste ano, cinco outras publicações enfrentaram renúncias de seus editores. No ano passado foram 12 casos, de acordo com monitoramento feito pelo site Retraction Watch. O consultor Michael Clarke, da empresa Clarke & Esposito, sediada em Washington, nos Estados

Unidos, disse à revista *Nature* que muitas dessas demissões são respostas a mudanças no modelo de gestão promovidas pelas empresas de comunicação científica e expressam o desejo de comunidades acadêmicas de manter o controle sobre as decisões editoriais. De acordo com Ivan Oransky, fundador do Retraction Watch, a frequência de renúncias é reveladora da tensão entre os interesses das editoras e dos responsáveis pela qualidade dos periódicos. “De um lado estão as editoras – a maioria delas com fins lucrativos –, que buscam crescimento constante porque é isso que seus acionistas esperam. E do outro há os pesquisadores, que se preocupam com a qualidade e defendem uma avaliação feita com tempo e profundidade”, afirmou à *Nature*. A Wiley afirmou que continuará a investir na *Syntax* e negou que as mudanças possam comprometer a qualidade da revista.

PLOS ONE muda processo de publicação para reduzir número de correções

A revista científica *PLOS ONE* anunciou que irá publicar correções em mais de mil artigos nos próximos meses. David Knutson, chefe de comunicações do periódico, explicou ao site Retraction Watch que as retificações se referem a erros de grafia do nome dos autores ou de suas afiliações, equívocos em referências ou em declarações de disponibilidade de dados, que ele classifica como “questões menores”. Essas correções ficaram represadas nos últimos dois anos, porque a revista optou por mobilizar seu pessoal para outras tarefas consideradas prioritárias.

A profusão de pequenos descuidos é resultado de uma fragilidade em seus processos internos. Classificada como um *mega-journal*, um tipo de periódico que divulga milhares de artigos por mês em acesso aberto na internet, a *PLOS ONE* sempre dispensou uma etapa no fluxo de publicação chamada “prova do autor”, em que os pesquisadores responsáveis pelo *paper* têm a chance de ver a versão final do trabalho e detectar a existência de pequenos equívocos, antes que ela seja disponibilizada para os leitores.

Agora, a revista decidiu reavaliar esse processo simplificado e anunciou que estabelecerá nos próximos meses a prova do autor, a fim de garantir que os *papers* sejam veiculados com o mínimo possível de erros. “Para um *mega-journal* como a *PLOS ONE*, essa não é uma decisão trivial, dado o volume de artigos, os recursos necessários para apoiar esse novo serviço e os impactos da etapa extra no tempo de publicação”, explicou David Knutson.

CONTEÚDO EXTRA

Conhece a nossa newsletter de integridade científica?



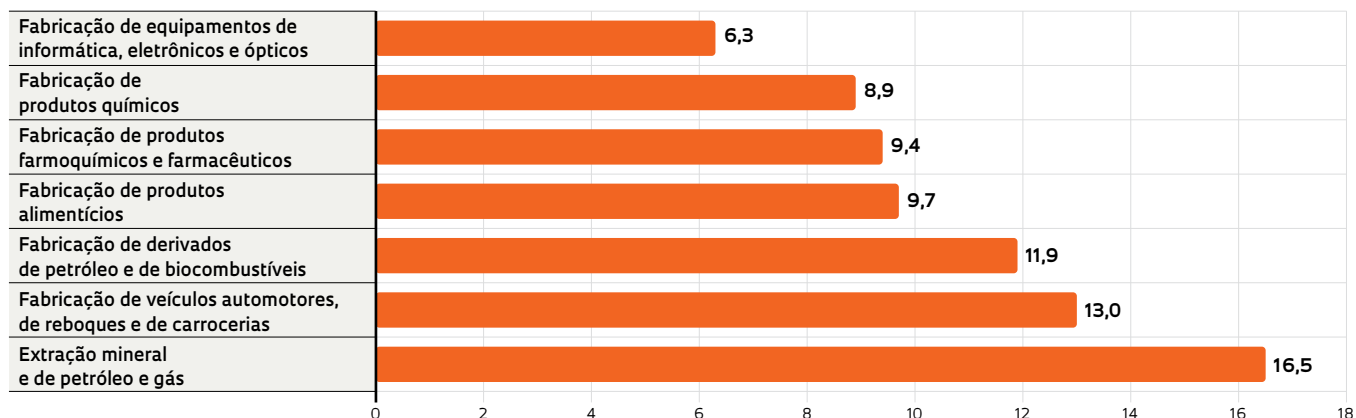
Entre no QR Code para assinar nossas newsletters



- ▶ Recentemente, o IBGE divulgou os indicadores básicos da Pesquisa de Inovação Tecnológica – Pintec Semestral de 2022. Tais indicadores correspondem, basicamente, aos quantitativos de empresas inovadoras segundo diferentes perspectivas e, dessa vez, incluíram seus dispêndios em pesquisa e desenvolvimento (P&D)
- ▶ O universo pesquisado limita-se às empresas das indústrias extrativas e de transformação com pelo menos 100 empregados. São consideradas inovadoras aquelas que implementaram inovação de produto ou de processo de negócio no ano de referência
- ▶ Com tais opções metodológicas, as informações da Pintec Semestral perderam graus de comparabilidade com as oriundas da Pintec original, cuja última versão tem 2017 como ano de referência. Mesmo assim, traz novas informações sobre as atividades inovativas, inclusive os dispêndios em P&D dos segmentos industriais
- ▶ O gráfico abaixo mostra que tais dispêndios são fortemente concentrados em termos setoriais: das 25 divisões da indústria, sete responderam por mais de 75% dos dispêndios internos em P&D, em 2022. Destacaram-se os que, sabidamente, mais investem em P&D

PARTICIPAÇÃO DOS SETE PRINCIPAIS SEGMENTOS INDUSTRIAIS NOS DISPÊNDIOS INTERNOS EM P&D

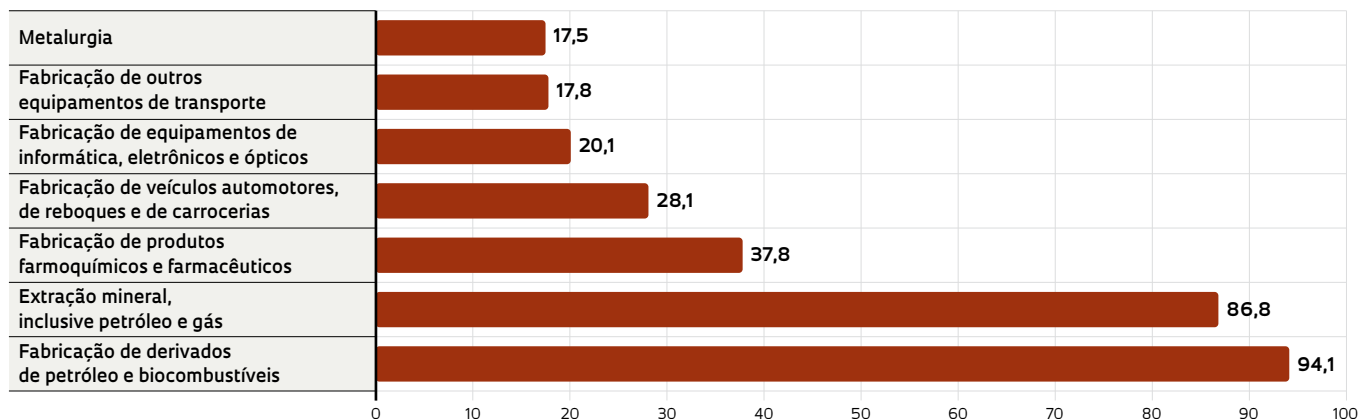
Brasil, 2022 – em %



- ▶ Outra forma de medir relevância nesse campo é por meio do valor que, em média, as empresas de cada divisão destinaram às atividades internas de P&D (*gráfico abaixo*). Essa abordagem tende a favorecer os segmentos com empresas de maior porte ou que atuam em mercados mais concentrados
- ▶ Em ambas as abordagens, nota-se a importância das divisões relacionadas ao petróleo e a equipamentos de transporte, assim como dos segmentos de informática e farmacêutico. Essas informações evidenciam a concentração de tais atividades em poucos segmentos e a baixa propensão da indústria brasileira a se engajar na execução de P&D

DISPÊNDIO MÉDIO DAS EMPRESAS QUE REALIZAM ATIVIDADES INTERNAS DE P&D – POR SEGMENTO

Brasil, 2022 – em R\$ milhões





P22, uma das fêmeas híbridas das raças landrace e large white que recebeu o implante de embriões clonados produzidos pelo grupo da USP

OS PRÓXIMOS DOADORES

Equipes no Brasil e no exterior tentam gerar animais geneticamente modificados para fornecer órgãos a seres humanos

Ricardo Zorzetto

Em pé em uma sala escura, a veterinária e embriologista Ligiane Leme observava atentamente a tela de um computador, a única fonte de luz no local. Passava um pouco das 11 da manhã do dia 10 de abril e o monitor exibia a imagem de um óvulo imaturo, seguro por uma micropipeta próximo a uma diminuta agulha. Nos instantes seguintes, a embriologista Georgina Hastenreiter moveu a agulha com o auxílio de um joystick e fez uma perfuração mínima na célula, por meio da qual, com movimentos rápidos e precisos, extraiu todo o seu material genético. O óvulo sem núcleo foi depois preenchido com o DNA de uma célula adulta de pele de porco.

Naquele dia e no seguinte, Leme, Hastenreiter e a biomédica Tainah Moraes repetiriam o procedimento em outros 600 óvulos coletados em um abatedouro no interior de São Paulo. Acondicionadas em um meio de cultura, as células reprodutivas das porcas foram levadas para o Centro de Estudos do Genoma Humano e de Células-Tronco da Universidade de São Paulo (CEGH-CEL-USP), financiado pela FAPESP, onde seriam usadas em mais uma etapa do desenvolvimento de um projeto ambicioso: a tentativa de produzir no Brasil clones de animais geneticamente modificados para fornecer órgãos a seres humanos e, assim, quem sabe, ajudar a reduzir a fila de espera por transplantes. Segundo dados do Ministério da Saúde, 71 mil pessoas aguardavam um órgão ou tecido em abril.

“O país tem o maior sistema público de transplantes de órgãos do mundo”, lembra Ernesto Goulart, farmacêutico especialista em bioengenharia de tecidos e líder do projeto na USP. “Acreditamos ter a obrigação de desenvolver uma estratégia que permita a esse sistema se manter funcionando bem e atendendo mais pessoas”, afirma o pesquisador.

O projeto é coordenado pela geneticista Mayana Zatz, do CEGH-CEL, e pelo cirurgião Silvano Raia, da Faculdade de Medicina (FM-USP). Recebeu aporte inicial da empresa farmacêutica EMS e é financiado pela FAPESP e pelo governo federal. Atualmente envolve quase 50 pesquisadores da universidade e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

“O transplante de órgãos foi o maior progresso da história da cirurgia. De 2000 a 2022, foram realizados 2 milhões no mundo. Como são indicados para evitar o óbito, pode se considerar 2 milhões de vidas salvas”, conta Raia. “Devido ao sucesso, há uma demanda reprimida. Isso justifica a busca de órgãos adicionais”, afirma o cirurgião, pioneiro em realizar transplante de fígado com doador vivo no mundo.

Ao final daqueles dois dias de abril, as pesquisadoras haviam obtido 280 embriões clonados, que foram transferidos para o útero de duas fêmeas híbridas das raças landrace e large white. Se tudo sair como o planejado, em meados de maio será possível saber se as porcas estão prenhes e de quantos filhotes. A expectativa é, após os quase quatro meses de gestação, testemunhar o nascimento de ao menos um leitão.

A torcida é grande, apesar da baixa taxa de sucesso da técnica. Só uma pequena parte dos embriões obtidos por clonagem e transferidos para as fêmeas receptoras se implanta no útero e, destes, uma fração ainda menor (de 1% a 5%) completa a gestação e nasce.

No último ano, a equipe de Leme já produziu mais de 10 mil embriões clonados de porcos e realizou 20 transferências para as receptoras, com a inserção de cerca de 200 por vez. Todas as vezes as fêmeas ficaram prenhes e, em algumas, os fetos se desenvolveram por até 50 dias, quase metade de uma gestação suína. Até o momento, nenhuma prenhez resultou no nascimento de um filhote, algo que os pesquisadores esperam que mude em breve, com os aprimoramentos feitos a cada nova tentativa. “No Brasil, há tempos é feita a clonagem de bovinos, mas essa tecnologia ainda não foi estabelecida para suínos”, conta Goulart. “O uso da técnica em porcos é mais limitada, devido a características dos gametas da espécie”, explica Leme.

A dificuldade de dominar a técnica é geral. Cerca de 15 grupos em ao menos oito países tentam clonar porcos geneticamente modificados para obter órgãos, mas só três conseguiram. Um é o da empresa eGenesis, nos Estados Unidos, fornecedora do rim transplantado em março para um homem com insuficiência renal.

Tudo pode afetar a obtenção do clone: a temperatura de manipulação das células, a incidência de luz (por isso a sala é escura), a sincronização entre o estágio de divisão da célula doadora do DNA e o do óvulo, além da fase do ciclo reprodutivo em que os embriões são transferidos para a receptora e do número de embriões efetivamente implantados no útero. Suínos têm de 20 a 25 filhotes por ninhada e, se a quantidade de embriões for muito menor, a gestação não segue adiante. Em abril, a equipe da USP passou a contar com a consultoria do veterinário e embriologista brasileiro Luis Queiroz, que auxiliou o desenvolvimento dos animais da eGenesis, para aprimorar a clonagem.

Obter os primeiros porquinhos clonados será a confirmação de que o grupo da USP finalmente dominou a técnica, passo essencial e complementar a outro necessário para obter órgãos mais compatíveis com os dos seres humanos: a edição genética das células. Apesar das diferenças genéticas e de outras incompatibilidades, os porcos têm sido os animais doadores de escolha nos últimos anos porque têm órgãos com tamanho e funcionamento semelhantes aos dos humanos, além de serem domesticados, se reproduzirem bem em cativeiro e originarem ninhadas grandes em poucos meses.

Há cinco anos, antes das tentativas de clonagem, Goulart e os biólogos Luiz Caires e Luciano Abreu Brito haviam começado os primeiros testes para alterar a configuração genética das células suínas e, assim, reduzir um dos principais riscos do transplante: a rejeição. Resultado do ataque do sistema de defesa do receptor ao novo órgão,

a rejeição também pode ocorrer quando os doadores são seres humanos. Mas costuma ser mais frequente com órgãos de outros animais, o chamado xenotransplante.

Instalados no Laboratório de Edição Gênica do CEGH-CEL, em uma sala vizinha à de clonagem, Goulart, Brito e colaboradores empregam duas técnicas para manipular o material genético das células a serem usadas na geração dos clones. Uma é a ferramenta de edição gênica Crispr-Cas 9 (ver Pesquisa FAPESP nº 288).

Com ela, a equipe da USP já conseguiu desativar os três genes normalmente desligados nos experimentos de xenotransplante: o GGT1, o CMHA e o B4GALNT2. Eles codificam enzimas que atuam na produção de açúcares da superfície das células suínas que são reconhecidos pelo sistema imunológico humano e disparam a rejeição hiperaguda: a destruição do órgão nas primeiras horas ou dias após o transplante, causada por anticorpos presentes no sangue do receptor.

Mais recentemente, o grupo começou a usar uma segunda técnica – a *transposon piggybac*, que emprega um trecho de DNA capaz de cortar a dupla fita do material genético celular e inserir novos segmentos – para acrescentar sete genes humanos às células suínas. O objetivo é gerar células – e, conseqüentemente, embriões e órgãos – com características mais próximas às do ser humano para driblar o sistema de defesa e evitar a produção de novos anticorpos, causa da rejeição aguda, que pode ocorrer meses após o transplante. “Todo processo de edição genética,

em especial o acréscimo de genes, é delicado. Representa uma agressão à célula”, esclarece Brito.

Até abril, os pesquisadores já haviam conseguido inserir os genes em fibroblastos, as células da pele que se mostraram mais apropriadas para a clonagem, mas ainda não sabiam se eles haviam sido incorporados no trecho desejado do genoma nem se permitiam a produção de níveis adequados das proteínas que codificam.

Por isso, planejavam sequenciar o DNA dos fibroblastos para ver o ponto de inserção dos genes.

“Quando a clonagem der certo, queremos estar prontos para testar as células editadas”, afirma Goulart, que espera obter, além de rins, córneas, coração e pele para xenotransplante. Os porcos clonados e as proles resultantes do cruzamento entre eles serão mantidas em duas instalações especiais, projetadas para a criação de animais doadores de órgãos para uso humano. A primeira, com capacidade para até 10 animais, foi inaugurada em 23 de abril no campus da USP em São Paulo. Outra, maior, está em construção no IPT. Após o nascimento, os animais ficarão sob os cuidados da XenoBR, startup resultante do projeto que fornecerá os órgãos para os testes clínicos.

O avanço das técnicas de edição gênica da última década, com a promessa de redução do risco de rejeição, reavivou o interesse médico por órgãos de origem animal – uma busca antiga,

QUANDO A CLONAGEM DER CERTO, QUEREMOS ESTAR PRONTOS PARA TESTAR AS CÉLULAS EDITADAS, AFIRMA GOULART, DA USP

ALGUNS PIONEIROS DOS XENOTRANSPLANTES

Registros mostram que, desde o século XVII, médicos tentam usar órgãos e tecidos de outros animais em seres humanos

1667

Em 15 de junho, o médico francês Jean-Baptiste Denis (c. 1635-1704), com auxílio do cirurgião Paul Emmerez, transfundiu 340 gramas de sangue de ovelha para um rapaz de 15 anos que sofria havia meses de febre incontrolável. O garoto melhorou no dia seguinte. Foi a primeira xenotransfusão documentada

1838

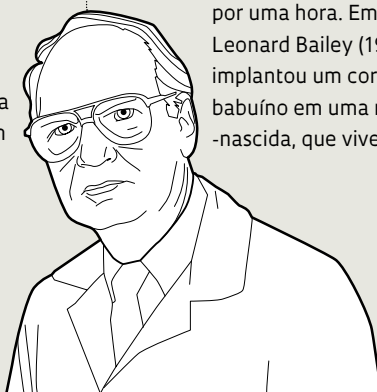
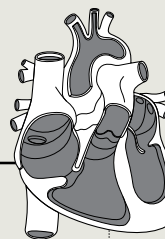
O médico norte-americano Richard S. Kissam (1808-1861) extraiu a córnea de um porco e implantou em um irlandês de 35 anos que havia perdido um dos olhos e só enxergava luzes fortes com o outro. No início, a visão melhorou. Depois de 15 dias, a córnea tornou-se opaca e foi absorvida

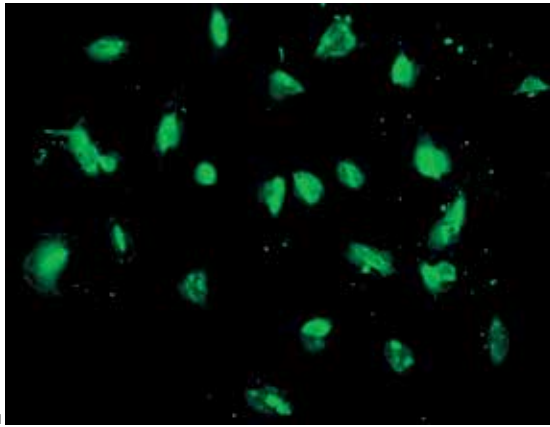
1963

Entre novembro de 1963 e fevereiro de 1964, o cirurgião norte-americano **Keith Reemtsma** (1925-2000) realizou 13 transplantes duplos de rins de chimpanzés para seres humanos. A maioria dos pacientes morreu em dois meses. Uma mulher de 23 anos sobreviveu por nove meses. Morreu por parada cardíaca

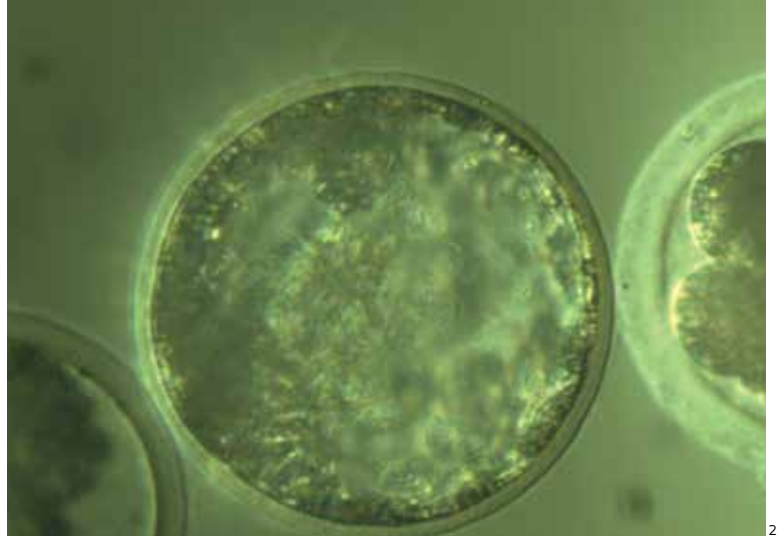
1964

Em janeiro de 1964, o cirurgião norte-americano James Hardy (1918-2003) transplantou um **coração de chimpanzé** para um homem de 68 anos que estava em coma. O coração funcionou por uma hora. Em 1984, Leonard Bailey (1942-2019) implantou um coração de babuíno em uma recém-nascida, que viveu 20 dias





Células de pele geneticamente modificadas (acima, em verde) e embrião clonado de porco (esfera central, à dir.)



documentada desde ao menos o século XVII (ver linha do tempo abaixo). De 2022 para cá, ao menos três doentes graves receberam como alternativa derradeira (tratamento compassivo) o transplante de um órgão suíno.

Em 7 de janeiro de 2022, a equipe dos cirurgiões Bartley Griffith e Muhammad Mohiuddin na Universidade de Maryland, nos Estados Unidos, implantou um coração suíno em David Bennett Senior. Com 57 anos e portador de uma doença cardíaca terminal, Bennett não era elegível para receber um coração humano. “Era morrer ou fazer esse transplante”, disse Bennett à época.

Fornecido pela empresa Revivacor, o coração havia sofrido alterações em 10 genes e funcionou bem até o 47º dia. Depois, foram necessárias medidas de suporte e Bennett morreu no 60º dia após o transplante. O órgão não tinha sinais de rejeição inicial, relataram os pesquisadores em 2022 na revista *The New England Journal of Me-*

dicine. Uma análise posterior, publicada na revista *The Lancet*, identificou lesões compatíveis com uma rejeição tardia, decorrente da produção de anticorpos contra as células suínas. Em setembro de 2023, a equipe de Maryland realizou um segundo transplante de coração suíno, dessa vez, em Lawrence Faucette, de 58 anos, que morreu seis semanas após a operação.

Um xenotransplante mais recente ocorreu em março. Médicos do Hospital Geral de Massachusetts, entre eles o cirurgião brasileiro Leonardo Riella, implantaram um rim de porco geneticamente modificado em Richard Slayman, de 62 anos. Com falência renal, Slayman teria de aguardar por anos para receber um órgão humano por causa da fila. Ele apresentou um episódio inicial de rejeição que foi controlado. Na alta no início de abril, segundo os médicos, o órgão funcionava bem.

A expectativa da equipe é que o órgão se mantenha saudável por um tempo. Fornecido pela eGenesis, o rim foi extraído de um animal submetido a 69 alterações genéticas. Foram desativados os três genes que codificam os açúcares que recobrem as células suínas e 59 vírus encontrados no genoma dos porcos que, aparentemente, não lhes causam danos, mas poderiam ser reativados e infectar seres humanos. Também foram incorporados sete genes para tornar as células suínas mais compatíveis com as humanas. Macacos-cinomolgo (*Macaca fascicularis*) que receberam os rins da eGenesis viveram por até dois anos, segundo estudo publicado em 2023 na *Nature*. Em entrevista ao canal GloboNews, Riella disse esperar que esses rins se saiam melhor em humanos, uma vez que não foram modificados para ser compatíveis com o organismo de macacos. ■

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

1966
O cirurgião norte-americano **Thomas Starzl** (1926-2017) e equipe fizeram o primeiro transplante de fígado de chimpanzé para uma criança, que morreu nove dias mais tarde. Em 1993, ele e colaboradores implantaram um fígado de babuíno em um adulto de 35 anos com HIV. O homem sobreviveu por 70 dias

1993
O cirurgião sueco Carl Gustav Groth (1933-2014) relatou em 1993 os resultados do transplante de ilhotas pancreáticas de porcos, células produtoras de insulina, para nove mulheres e um homem com diabetes tipo 1. Alguns deles não precisaram receber insulina por algum tempo



Agente da saúde atende paciente no município de Porto Velho (RO)

SAÚDE PÚBLICA

ALTERNATIVA CONTRA A MALÁRIA

Tratamento breve foi tão efetivo em evitar recorrências quanto o atualmente em uso, mais prolongado

Renata Fontanetto

Uma terapia mais curta, com apenas três dias de duração, mostrou-se tão efetiva em controlar a malária causada pelo protozoário *Plasmodium vivax* e evitar o reaparecimento de parasitas no sangue quanto o tratamento tradicionalmente adotado no Sistema Único de Saúde (SUS), que exige o uso de medicamentos por, no mínimo, sete dias. A estratégia mais breve apresentou ainda uma vantagem em relação à outra: aumentou o tempo livre de sintomas, fossem decorrentes da reativação de parasitas dormentes no organismo ou da introdução de outros em uma nova infecção, revelam os resultados de um estudo publicado em março na revista médica *The Lancet Infectious Diseases*.

Pesquisadores da Fundação de Medicina Tropical Doutor Heitor Vieira Dourado (FMT-HVD), no Amazonas, centro de referência internacional no tratamento de doenças transmitidas por mosquitos, chegaram a essas conclusões ao acompanhar por um ano a saúde de 5.554 moradores de Manaus (AM) e de Porto Velho (RO) que entre setembro

de 2021 e agosto de 2022 receberam o diagnóstico de malária por *P. vivax*. Essa espécie do parasita é a mais amplamente distribuída no mundo e responde pela maioria dos casos da enfermidade fora da África Subsaariana. No Brasil, 84% das pessoas com malária estão infectadas com *P. vivax*, em especial em áreas rurais da Amazônia, territórios indígenas e garimpos.

Transmitido pela picada de fêmeas de mosquitos do gênero *Anopheles*, *P. vivax* inicialmente invade as células do fígado. Ali, ele se multiplica de forma assexuada gerando milhares de novas cópias, que são liberadas para a corrente sanguínea. No sangue, o protozoário volta a se reproduzir no interior das hemácias, as células que transportam oxigênio, destruindo-as, o que gera episódios de calafrios, febre e suor intensos. De tempos em tempos, formas dormentes alojadas no fígado são reativadas e voltam a provocar os sintomas da doença.

Desde meados dos anos 1990, o tratamento da malária por *P. vivax* é feito no SUS usando uma combinação de dois antimaláricos: uma dose diária de

cloroquina por três dias, para combater os parasitas no sangue, associada a uma dose de primaquina por ao menos sete dias, para eliminar protozoários adormecidos nas células hepáticas. Crianças, mulheres amamentando e pessoas com baixa atividade de uma enzima que protege as hemácias – a glicose-6-fosfato desidrogenase (G6PD) – são tratadas com doses menores de primaquina, administradas por até oito semanas. Nessas pessoas, em especial aquelas com baixa atividade de G6PD (5% da população na Amazônia brasileira), a primaquina pode causar a destruição em massa das hemácias, provocar anemia e até levar a óbito.

O desempenho dessa estratégia é prejudicado pela falta de acompanhamento no uso da medicação, algo ainda mais complicado na Amazônia, onde ocorrem 99% dos casos de malária no Brasil e parte importante da população vive distante das cidades. Sem a supervisão de profissionais da saúde, as pessoas com malária podem interromper o uso da medicação antes da hora.

“O gargalo da terapia com a primaquina é a adesão ao tratamento mais longo”, afirma o infectologista Dhelio Pereira, do Centro de Pesquisas em Medicina Tropical de Rondônia. “Muitas vezes o paciente deixa de tomar esse medicamento depois que os sintomas desaparecem em razão da ação inicial da cloroquina”, explica o pesquisador, coautor do estudo, realizado em colaboração com outras instituições do Brasil e do exterior. O trabalho recebeu apoio do Ministério da Saúde e foi financiado pela organização não governamental Medicines for Malaria Venture (MMV) e pela Fundação Bill e Melinda Gates.

Na tentativa de melhorar a terapia, o ministério propôs em 2021 um novo

protocolo no qual a primaquina, nos casos adequados, pode ser substituída por um composto semelhante, a tafenoquina. Ativa por mais tempo no sangue, a tafenoquina pode ser tomada em dose única por pessoas com atividade normal de G6PD – o medicamento deve ser evitado pelas demais porque, assim como ocorre com a primaquina, há risco de destruição das hemácias. Descoberta em 1978 no Instituto de Pesquisa do Exército Walter Reed, nos Estados Unidos, a tafenoquina foi desenvolvida pelas empresas farmacêuticas GlaxoSmithKline e 60° Pharmaceuticals em colaboração com a MMV. Ela é a primeira alternativa à primaquina a surgir em 60 anos e foi incorporada à lista de medicamentos do SUS em junho de 2023, assim como o teste rápido para medir a atividade da G6PD.

No estudo feito em Manaus e Porto Velho, 3.128 pessoas (56% dos participantes) receberam a terapia tradicional, com primaquina e cloroquina, enquanto 2.152 foram submetidas à estratégia mais recente, em que o primeiro medicamento é substituído pela tafenoquina. Noventa dias após o início do tratamento, 89% das pessoas que tomaram tafenoquina permaneciam livres de sintomas. Essa proporção foi um pouco menor (83,5%) no grupo da primaquina. Aos 180 dias, a porcentagem de participantes que não tinham mais sinais de malária foi praticamente a mesma nos dois grupos: 75,7% no grupo da tafenoquina e 77,3% no grupo da primaquina. O trabalho serviu como avaliação dos tratamentos em situação de vida real e de modelo para a implementação da estratégia no país.

Equipamento de teste rápido da atividade da enzima G6PD e comprimidos de tafenoquina (abaixo)



“A tafenoquina aumentou para cerca de 90 dias o tempo que a pessoa fica livre dos sintomas. No tratamento com a primaquina, eles ressurgiam, em média, depois de 60 dias”, afirma o farmacêutico Marcelo Brito, pesquisador da FMT-HVD e primeiro autor do trabalho. Chamado de recorrência, o reaparecimento dos sintomas pode ser consequência de uma nova infecção, da reativação dos parasitas dormentes no fígado ou da multiplicação dos resistentes aos remédios.

Esse período extra que a pessoa permanece sem os sintomas, segundo os pesquisadores, é importante para ajudar na recuperação. O retardamento na recorrência é clinicamente relevante porque os pacientes com *P. vivax* sofrem também com anemia, que se aprofunda a cada episódio da malária.

Na avaliação do farmacêutico José Luiz Vieira, da Universidade Federal do Pará (UFPA), o novo antimalárico é bem-vindo. Ele, no entanto, afirma que há questões a serem consideradas antes que a tafenoquina seja incluída em uma nova versão do Guia de Tratamento da Malária no Brasil.

“A tafenoquina deve facilitar a adesão dos pacientes, mas a efetividade é muito parecida com a da droga já disponível, que é de menor custo. Antes de adotá-la seria preciso avaliar o custo-benefício, que deve prever o treinamento dos profissionais para realizar os testes de G6PD nas unidades de tratamento da doença na região”, sugere Vieira, que não participou do estudo.

Segundo o Ministério da Saúde, para uma pessoa de 70 quilos e taxa satisfatória de G6PD, o ciclo de tratamento com cloroquina e tafenoquina, incluindo o teste para medir a atividade da enzima, custa pouco mais de R\$ 46. A terapia com cloroquina e sete dias de primaquina mais o teste saem por cerca de R\$ 26. Em 15 de março, o território dos Yanomami em Roraima foi a primeira região a receber a tafenoquina pelo SUS. O ministério relatou também já ter iniciado o treinamento dos profissionais da saúde locais para implementar o novo protocolo de tratamento, que deve constar de uma edição atualizada do guia a ser lançada no segundo semestre. ■

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



EVOLUÇÃO

Carófitas

CONTATO PRÓXIMO

Organismos unicelulares em meio líquido **poderiam trocar genes** apenas por se encostarem, como parece ter sido o caso entre carófitas, algas e fungos

VIZINHOS QUE EMPRESTAM DNA

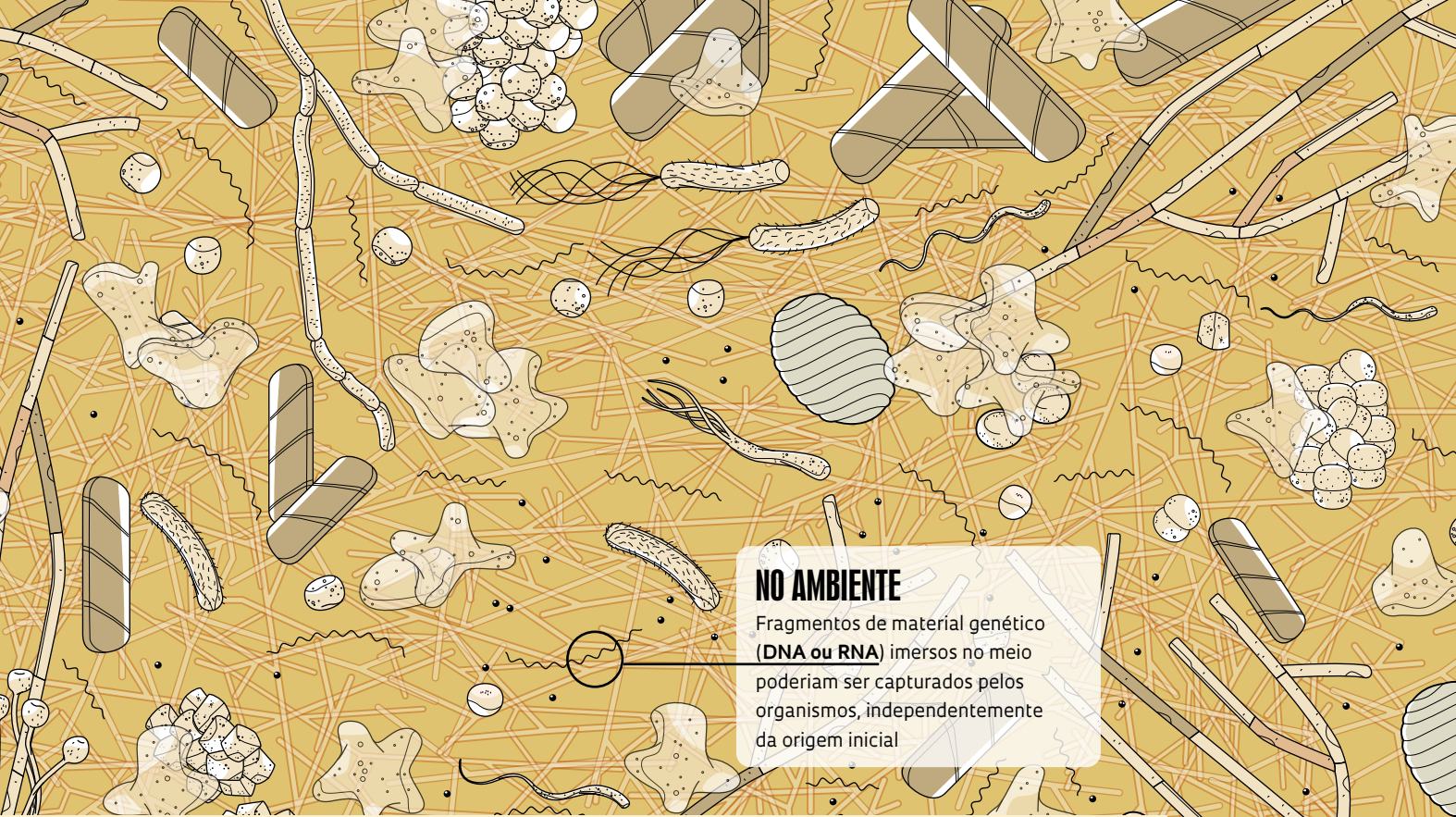
Plantas descendem de algas que adquiriram, de fungos e bactérias, genes que se tornaram essenciais à estrutura das células vegetais

Laura Tercic

Genes importantes para o mecanismo de crescimento e divisão celular das plantas parecem ter migrado a partir de outros grupos de seres vivos, sem relação de ancestralidade. Os fragmentos de DNA teriam sido adquiridos de forma desconhecida, há pelo menos 600 milhões de anos, por algas carófitas, o grupo de algas verdes que deu origem às plantas terrestres. Uma pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) revelou os organismos doadores, conforme relatado em artigo publicado no final de fevereiro na revista científica *New Phytologist*.

A pista sobre a apropriação de genes de fora da linhagem direta apareceu de forma acidental: enquanto investigavam as sequências genéticas de enzimas que degradam carboidratos nas paredes celulares vegetais, pesquisadores se deram conta de que elas surgiram repentinamente no caminho evolutivo – algas carófitas possuíam os genes, mas outras algas aparentadas, não. “Como a chance de eles terem aparecido ao acaso, por mutações aleatórias, é mínima, decidimos então buscar em espécies mais distantes”, conta o geneticista Luiz Eduardo Del Bem, da UFMG.

A equipe então obteve os dados genéticos, de todas as espécies de seres vivos que não fossem plantas (de bactérias a rinocerontes), disponíveis no banco de genomas do Centro Nacional de Informação Biotecnológica (NCBI), dos Estados Unidos. Depois de meses de procura e compara-



NO AMBIENTE

Fragmentos de material genético (**DNA ou RNA**) imersos no meio poderiam ser capturados pelos organismos, independentemente da origem inicial

ção, encontraram os mesmos genes que codificam as enzimas em algumas espécies de fungos e de bactérias. O achado evidencia o fenômeno biológico conhecido como transferência horizontal de genes.

Outro resultado que chamou a atenção do grupo mineiro é que, ao longo do tempo e da evolução das linhagens de plantas, os genes adquiridos por transferência sofreram uma série de duplicações (de 20 genes iniciais para 400 em alguns grupos vegetais atuais) e uma mudança radical no papel de suas enzimas. Originalmente responsáveis pela digestão de carboidratos como fonte de energia para as células dos microrganismos, hoje essas enzimas atuam tanto na remodelação da parede celular das plantas durante a replicação das células quanto na proteção contra fungos e patógenos, ao digerir a quitina que compõe os invasores.

Como a parede celular está envolvida diretamente no crescimento e suporte estrutural das plantas, seu surgimento foi essencial para a transição da vida na água para a do ambiente terrestre. Por essa razão, Del Bem considera que a aquisição genética vinda da troca entre microrganismos tenha sido crítica para o curso da evolução e da diversidade biológica que conhecemos hoje. “Esses são impactos muito basais na história da diversificação das espécies que realizam fotossíntese e, portanto, também em todos os ecossistemas e formas de vida terrestres que dependem dela.”

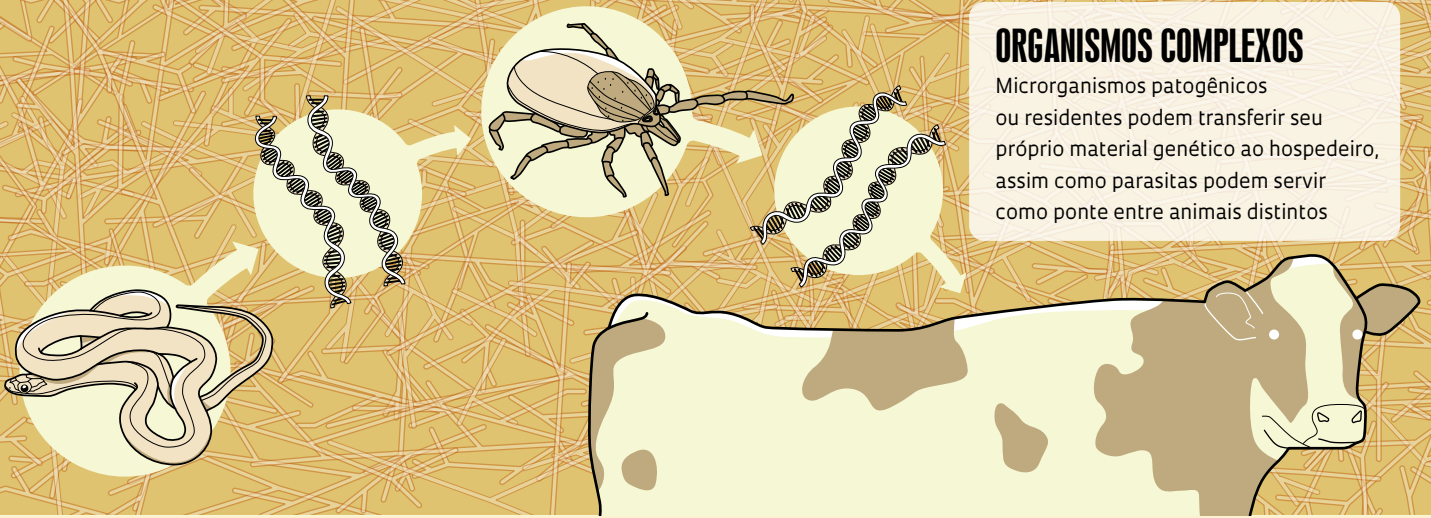
A transferência horizontal de genes desafia a noção de que a vida evolui em formato de árvo-

re, como postulava Charles Darwin (1809-1882), com características passando de uma geração à seguinte dentro de uma mesma linhagem. A transmissão entre grupos diferentes de organismos seria ilustrada com mais propriedade na forma de uma teia interconectada. Se até cerca de uma década atrás a troca de genes era vista como rara exceção e quase sempre exemplificada por casos de vírus e bactérias passando material genético para seus hospedeiros, hoje se acumulam exemplos em espécies mais complexas e com parentesco mais distante.

Na maior parte das vezes não se trata de uma transferência aleatória, por envolver algum contato entre os organismos – fora do contexto reprodutivo. A bióloga Suzana Alcantara, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que pesquisa diversificação de plantas, cita um caso: a mosca-branca (*Bemisia tabaci*), que, durante a evolução, se apossou de genes de plantas que lhe permitiram neutralizar as toxinas com que os vegetais se defendem contra insetos. Outro exemplo, segundo a geneticista Nathalia de Setta, da Universidade Federal do ABC (UFABC), é o de genes de serpentes incorporados pelo ancestral dos bovinos atuais por intermédio de carrapatos. E ainda há indícios da passagem de genes de serpentes para sapos em Madagascar, provavelmente também mediada por parasitas em comum. Nos dois casos, trata-se de um elemento de transposição, que ao fazer réplicas de si mesmo se instala em diferentes partes do genoma,

ORGANISMOS COMPLEXOS

Microrganismos patogênicos ou residentes podem transferir seu próprio material genético ao hospedeiro, assim como parasitas podem servir como ponte entre animais distintos



proporciona variabilidade genética e a possibilidade do surgimento de novas funções.

Para ambas as pesquisadoras, o acúmulo de sequenciamento completo de genomas em bancos de dados nos últimos anos e a facilidade de acesso a essas informações estão por trás da crescente aceitação na comunidade científica sobre a importância desse fenômeno no processo evolutivo. De Setta se surpreendeu ao identificar genes “importados” nas moscas drosófilas que estudava no doutorado, o que não era o objetivo inicial da pesquisa. Ainda assim, ela defende que se esgotem outras possibilidades antes de apontar para a transferência horizontal para explicar a presença de um gene inesperado.

RELÓGIO MOLECULAR

O método de comparação que os pesquisadores da UFMG usaram também permitiu calcular o momento mais provável da incorporação genética. Cerca de 23 genes diferentes, de origem bacteriana e fúngica, tornaram-se parte do DNA das algas carófitas entre 750 milhões e 550 milhões de anos atrás, durante o Pré-Cambriano. O ambiente terrestre nesse período pode ser imaginado como um cenário rochoso, sem vegetação ou animais, habitado por comunidades de microrganismos. Para Del Bem, essas microfloreas, formadas por bactérias, algas, protozoários e fungos unicelulares, teriam sido as pioneiras em colonizar o espaço fora d’água e proporcionado condições ideais para transferências genéticas, já que, para que isso ocorra, é preciso que as células estejam fisicamente próximas.

No convívio diário e próximo com outros organismos no intestino, nas mucosas e na pele, sejam eles aliados ou causadores de doenças, trocas de genes entre as células humanas e as dessas populações podem ser frequentes. “Isso reforça a visão de que o material genético é muito mais fluido no sentido horizontal do que imaginávamos”, ressalta Alcantara. “Até que ponto isso

afeta a evolução das linhagens ainda é um ponto que pode ser mais bem compreendido, especialmente se pensarmos nessa interação constante entre os organismos.”

Estar próximo é a condição primordial, mas os mecanismos exatos de como em cada um desses casos o material genético foi parar em outro organismo permanecem incógnitos. Há formas conhecidas e observadas na natureza (que inclusive inspiraram as primeiras técnicas para produção de transgênicos), com bactérias e vírus como veículos dos fragmentos de DNA ou RNA. Outras possibilidades incluem as trocas que ocorrem entre as mitocôndrias e o núcleo das células, e a absorção direta de material genético liberado no meio pela morte de alguma célula.

A botânica norte-americana Pamela Soltis, curadora do Museu de História Natural da Flórida e reconhecida internacionalmente por pesquisar os padrões que geram diversidade biológica, considera que levar em conta os impactos da transferência horizontal é relevante nos estudos de evolução das plantas. “É um processo realmente fascinante, porque o novo material genético fornece oportunidades potencialmente valiosas para adaptações da espécie receptora”, reflete, em entrevista por e-mail a *Pesquisa FAPESP*. Ela, porém, reforça a importância de se explorar como elas ocorreram nos casos que seguem sendo descobertos.

Soltis alerta que, após a transferência, entram em ação outros fatores evolutivos, igualmente essenciais para entender determinada característica nas espécies. “Por exemplo, tanto as duplicações quanto a mudança de função pelas quais os genes de fungos e bactérias passaram, depois da incorporação pelas algas, contribuíram para a diversificação das plantas no ambiente terrestre”, conclui. ■

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

Marcações feitas ao lado de rastros deixados milhões de anos antes podem denotar interesse humano pelos fósseis

NO MESMO PASSO

Povos originários produziram gravuras rupestres, há milênios, ao lado de pegadas de dinossauros na Paraíba

Letícia Naísa

No município de Sousa, no interior da Paraíba, os dinossauros são uma grande atração. Repleto de pegadas preservadas, o Vale dos Dinossauros é uma unidade de conservação aberta à visitação que também abriga um museu de fósseis encontrados por ali. Por isso, até pouco tempo atrás, paleontólogos eram os maiores interessados pela região. Agora, surgiu uma atração para arqueólogos: no sítio Serrote do Letreiro, a 11 quilômetros (km) da cidade, também há gravuras rupestres no chão feitas por pessoas que podem ter vivido ali há até 9 mil anos, associadas às pegadas deixadas por animais entre 130 milhões e 145 milhões de anos antes. As correspondências, nunca antes vistas no Brasil, sugerem que os paralelos foram intencionais, de acordo com artigo publicado em março na revista *Scientific Reports*.

“Esse sítio contém uma overdose de informações”, descreve o paleontólogo Tito Aureliano, um dos autores do estudo, pesquisador em estágio de pós-doutorado na Universidade Regional do Cariri (Urca) e um dos coordenadores do Diversity, Ichnology and Osteohistology Laboratory (Dinolab), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). “Existe ali uma mistura temporal muito grande: tem rochas de quase 1 bilhão de anos, depois você dá 50 passos e vê vestígios do

Em expedição ao Serrote do Letreiro, os pesquisadores examinaram as marcas e registraram o sítio com uso de drone



Período Cretáceo [cerca de 130 milhões de anos atrás]; são dezenas de pegadas de dinossauros diferentes e grafias humanas feitas alguns milênios atrás”, complementa.

O Serrote do Letreiro é uma área de 15 mil metros quadrados (m²) no sertão da Paraíba, em uma propriedade privada. O primeiro a registrar o sítio, no final dos anos 1970, foi o paleontólogo italiano Giuseppe Leonardi, que já foi professor das universidades Federal do Paraná (UFPR) e Estadual de Ponta Grossa (UEPG) e atualmente está aposentado. Na época, ele classificou as marcas, ou petroglifos, como uma “grafia dos índios cariri” e se interessou apenas pelas pegadas de dinossauros. “Não foi dada atenção a essas gravuras humanas”, comenta a paleontóloga Aline Ghilardi, da UFRN, também coordenadora do Dinolab e coautora do trabalho recente.

“Sempre me intrigou o fato de nunca ter tido respostas sobre o que eram as marcas humanas ali, então resolvi buscar alguém que me ajudasse”, relata a paleontóloga, que frequenta o Serrote do Letreiro há quase uma década e em 2023 convidou o arqueólogo Leonardo Troiano, do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan), para conhecer o sítio. Saindo de São Paulo, Troiano voou até Juazeiro do Norte, no Ceará, e de lá viajou cerca de 190 km de ônibus até Sousa, com mais um trecho por estrada de terra batida até o sítio. Ao fim, ainda rasgou a calça ao passar por uma cerca de arame farpado.

O longo percurso, no entanto, foi recompensado. “Ao entardecer, diante de um pôr do sol escandaloso, as sombras dos últimos 15 minutos de luz solar destacam as pegadas e as gra-

vuras, é um assombro”, comenta o arqueólogo. Já nessa visita, o grupo contratou um piloto de drone, Arthur Sampaio, para produzir imagens com alta resolução – a intenção dos pesquisadores envolvidos no artigo é construir um modelo digital tridimensional do sítio. As gravuras têm formatos de tridígitos, em grades e em círculos com padrões de linhas cruzadas, como estrelas.

Algumas inscrições, segundo interpretações dos pesquisadores, imitam as patas de três dedos. Por meio das pegadas petrificadas, eles conseguiram identificar três tipos de dinossauros: terópodes, saurópodes e ornitópodes. Sobre os grupos humanos que ali viveram, os arqueólogos os descrevem como grupos semissedentários que acampavam, coletavam e caçavam os recursos disponíveis e depois seguiam para lugares próximos.

Marcas similares já foram vistas em partes do Rio Grande do Norte e do Ceará próximas de Sousa, o que indica que aquelas civilizações habitavam todo aquele entorno. A diferença dos registros encontrados no Serrote do Letreiro para outros é que, ali, as gravuras foram feitas no chão. “É curioso, porque geralmente as gravuras associadas a essa cultura são feitas em painéis na vertical ou inclinados, então é uma forte evidência de que essa população antiga desenhou ali justamente por conta das pegadas, existe uma associação direta entre as marcas”, infere Ghilardi.

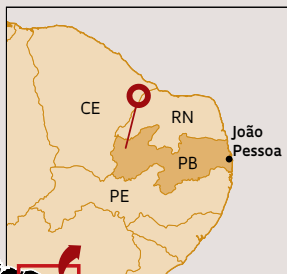
Para o arqueólogo Valdeci dos Santos Júnior, do Laboratório de Arqueologia O Homem Potiguar (LAHP), da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN), que não participou do estudo e é autor do livro *A pré-história do Rio Grande do Norte*, a hipótese publicada na *Scientific Reports*



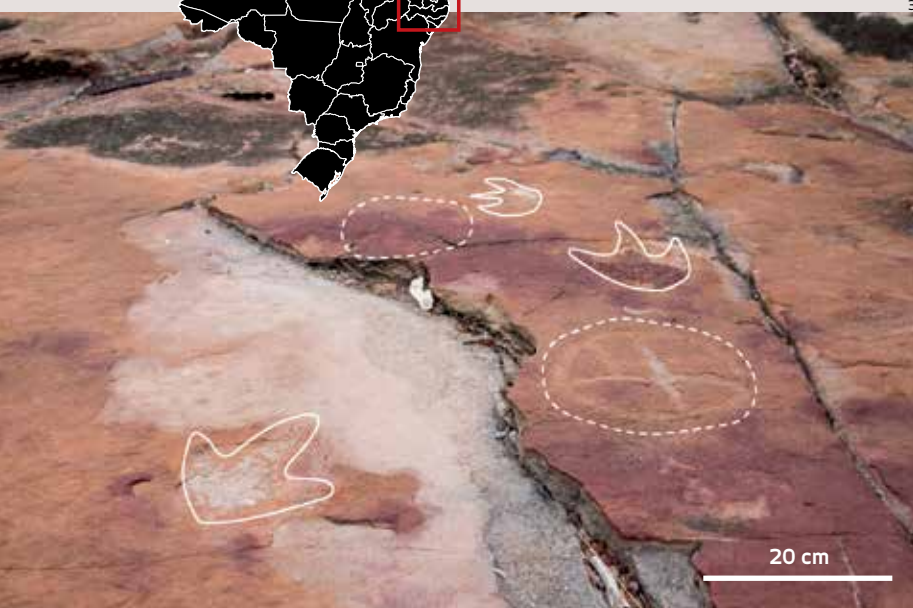
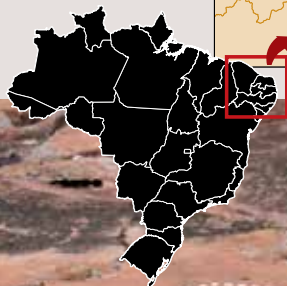
2

LUGAR DE DINOSSAUROS E PESSOAS

Povo que vivia onde agora é parte da Paraíba, do Ceará e do Rio Grande do Norte deixou marcas intrigantes



Grafismos foram produzidos dezenas de milhões de anos depois da extinção dos dinossauros, mas disposição em conjunto não parecer ser ao acaso



3

merece atenção. “Existe a possibilidade de que tenha ocorrido um respeito ao espaço das pegadas pelos autores gráficos, porque os petroglifos não estão sobrepostos a elas, estão próximos”, avalia. Pela primeira vez, diz Santos Júnior, um estudo revela evidências de um local que foi habitado tanto por dinossauros quanto por grupos humanos. “Não houve convivência entre os dois grupos, são dois períodos diferentes”, frisa. Ele afirma que é preciso encontrar outros sítios com essas características, onde se possa identificar um padrão e reforçar a hipótese de que os seres humanos buscavam reproduzir as pegadas dos dinossauros. “Não é uma questão tão simples, os tridígitos são grafias comuns no Nordeste que podem representar pássaros, pegadas de outros animais ou até plantas, como cactos, comuns na paisagem.”

Alguns outros relatos, no entanto, apontam interações entre pessoas e pegadas de dinossauros na Austrália, na Polônia e nos Estados Unidos. No Brasil, a associação é inédita, embora a relação com fósseis tenha sido frequente ao longo da história. No Rio Grande do Sul, Troiano afirma que algumas construções, como igrejas mais antigas, foram feitas com madeira fóssil, que tem uma aparência diferente da madeira comum. Algumas lendas e histórias na Grécia Antiga foram inspiradas na descoberta de fósseis, de acordo com o arqueólogo. Ossos de mamutes e outros animais gigantes seriam, nessas histórias, de heróis. “O lugar no Peloponeso onde eles acreditavam que aconteceu a luta entre deuses e titãs é um depósito fóssil”, conta o pesquisador.

Encontrar registros humanos ao lado de pegadas, para os especialistas, sugere que as comunidades antigas brasileiras também valorizavam descobertas do passado. “Esses povos viveram nas Américas por 50 mil anos em profunda sintonia com o mundo natural, essas descobertas certamente tiveram um valor especial para eles, não era algo banal”, diz o arqueólogo.

A compreensão sobre os dinossauros surgiu apenas no século XIX, com a publicação de *A origem das espécies*, do naturalista britânico Charles Darwin (1809-1882), e a popularização da teoria da evolução. “Até então, não era do cotidiano das pessoas pensar em animais grandes que deixaram de existir”, afirma Santos Júnior. Esses registros simbólicos são resquícios de grupos que antecederam a chegada do colonizador ao Brasil. Outras pesquisas devem buscar mais indícios para sustentar essa possível conexão entre as pegadas dos dinossauros e os petroglifos.” ■

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

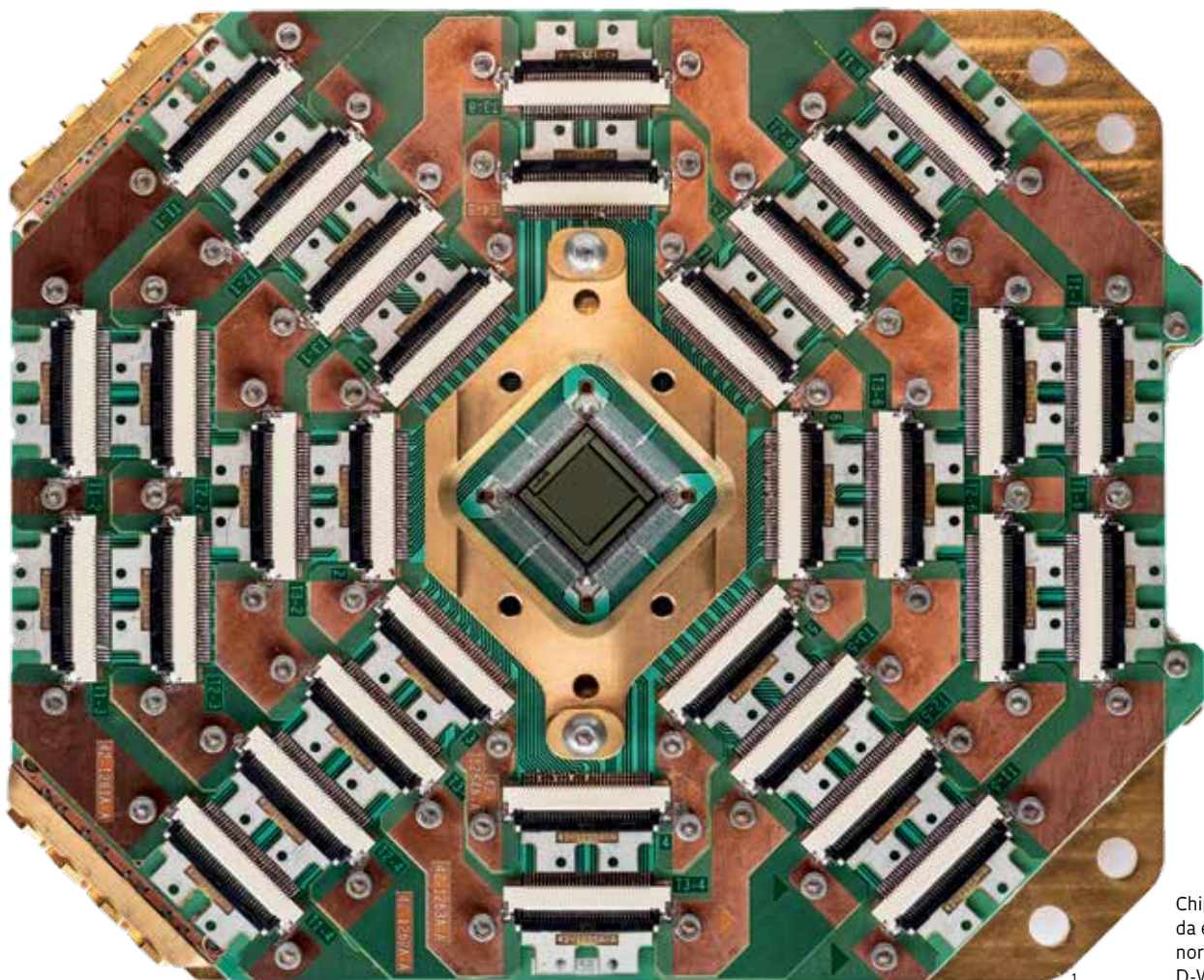
EM BUSCA DE ENGENHEIROS

Tecnologias quânticas precisam atrair pesquisadores que saibam desenvolver produtos

Marcos Pivetta

Além de promover uma maior integração com empresas e estimular a formação de startups, as pesquisas com o objetivo de desenvolver tecnologias quânticas no Brasil precisam fazer um esforço para atrair para suas fileiras especialistas de outras áreas que não a física, como engenheiros, químicos, matemáticos e profissionais do setor de computação. Dessa forma, o caminho para a criação de produtos comerciais baseados em propriedades quânticas poderia ser encurtado.

Essa é uma das ideias centrais que foram discutidas por mais de duas dezenas de pesquisadores, autoridades e empresários que participaram da conferência



Chip quântico da empresa norte-americana D-Wave

Interior de um processador quântico desenvolvido pela IBM



temática sobre Ciência e Tecnologias Quânticas, que ocorreu nos dias 5 e 8 de abril, respectivamente no Rio de Janeiro e em São Paulo. Organizado pela FAPESP e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj), em parceria com a Academia Brasileira de Ciências (ABC), o evento foi uma das atividades preparatórias para a 5ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, que ocorrerá de 4 a 6 de junho em Brasília.

As tecnologias quânticas exploram propriedades da mecânica quântica, que explica o comportamento da matéria e da luz na escala atômica e subatômica. O Brasil conta com cerca de 120 pesquisadores que atuam em algum ramo das ciências quânticas, com grupos estabelecidos e produção científica relevante em estados como São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Pernambuco e Rio Grande do Norte.

A maioria dos membros das equipes é de físicos. “Nosso primeiro desafio é desenvolver a engenharia quântica”, disse o físico-matemático Marcelo Terra Cunha, do Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica da Universidade Estadual de Campinas (Imecc-Unicamp), um dos coordenadores da conferência. “Precisamos atrair pessoas de outras áreas para colaborar conosco.”

O objetivo é ter equipes com profissionais de várias áreas trabalhando no desenvolvimento de tecnologias quânticas, inclusive especialistas da área administrativa e dos negócios. Terra Cunha enfatizou que o mundo está entrando na chamada segunda onda de produtos baseados em tecnologias quânticas. A primeira levou ao desenvolvimento dos transistores, lasers e relógios atômicos, dispositivos usados por uma infinidade de produtos da sociedade atual, como computadores, celulares e sistemas de navegação por satélite.

A segunda onda se divide em três grandes áreas. A maior delas é a computação quântica, baseada na exploração dos qubits (bits quânticos), que seria capaz de resolver problemas que não podem ser enfrentados por máquinas clássicas e dar respostas mais rápidas. “Cerca de 90% dos investimentos internacionais estão

nessa área”, comentou o físico da Unicamp. A segunda linha de pesquisa explora sistemas de comunicação e criptografia quântica, que garantiriam formas mais seguras de trocar e proteger informações. A terceira enfoca a criação de sensores quânticos, dispositivos que poderiam medir propriedades, como campo elétrico e magnético, temperatura, pressão.

“Temos pesquisadores competentes na academia nas ciências quânticas”, comentou o físico Luiz Davidovich, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), outro coordenador da conferência. “Mas, como em outras áreas, faltam empresas desenvolvendo produtos no setor.” Davidovich lembrou que o domínio das tecnologias quânticas é uma área estratégica, de interesse nacional, e que países como os Estados Unidos, o Reino Unido e a China contam com iniciativas de fomento ao desenvolvimento de tecnologias quânticas ligadas diretamente aos seus governos centrais. Estima-se que metade do investimento mundial em tecnologias quânticas venha da China.

Para ilustrar a sensibilidade do tema, o físico Ivan Oliveira, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), disse que costumava usar, para fins de pesquisa, os serviços em nuvem fornecidos pelo computador quântico da empresa norte-americana

D-Wave por um custo módico. No entanto, recentemente, o preço do serviço disparou e, pior, seu acesso foi barrado. “Não conseguimos mais usar o serviço”, comentou Oliveira, que participou do evento no Rio de Janeiro, realizado na sede da ABC.

Segundo o físico Paulo Nussenzeig, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF-USP), o Brasil está atrasado na corrida pelo desenvolvimento de tecnologias quânticas, mas ainda é possível entrar nessa disputa. Ele enxerga boas oportunidades para a criação de produtos, como sensores, voltados para áreas em que o Brasil tem papel de destaque internacional, como a produção de alimentos.

Uma iniciativa recente de maior destaque é o acordo para a realização de pesquisas conjuntas em tecnologias quânticas assinado pela FAPESP e pela Faperj em dezembro do ano passado. Outra é o convênio firmado em 2022 entre a FAPESP, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br) para financiar pesquisas estratégicas na área de internet. Entre os projetos apoiados, está a montagem de uma rede física de comunicação que use criptografia baseada em fenômenos quânticos para conectar o CBPF, a UFRJ, a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e a Universidade Federal Fluminense (UFF).

Durante o evento na capital paulista, o físico Gustavo Wiederhecker, da Unicamp, destacou o lançamento do primeiro edital do Quantum Technologies Initiative (QuTia), programa da FAPESP para estímulo de tecnologias quânticas. “Vamos selecionar cinco propostas submetidas por jovens pesquisadores em início de carreira que tenham tido uma experiência recente de pelo menos dois anos no exterior ou ainda estejam radicados lá fora”, disse Wiederhecker, coordenador do QuTia. Os escolhidos, brasileiros ou estrangeiros, terão de se instalar em São Paulo e contarão com cinco anos de financiamento no valor de até US\$ 1 milhão. ■

CHILENA, COM UM TOQUE BRASILEIRO

Startup quântica cria gerador de números aleatórios a partir de método desenvolvido por físico mineiro e colega polonês

Marcos Pivetta

No início de 2020, enquanto o vírus da Covid-19 começava a se espalhar pelo planeta, um pequeno grupo de pesquisadores da Universidade de Concepción, instituição privada no sul do Chile, trabalhava na produção do protótipo do primeiro produto comercial da empresa Sequire Quantum. Como o acesso à universidade era restrito em razão da pandemia, boa parte do serviço teve de ser feito em casa e exigiu constantes trocas de e-mail, chamadas de vídeo e envio de componentes para a versão inicial do aparelho.

Nascida na academia, a partir de um trabalho conjunto dos físicos Gustavo Moreira Lima, um mineiro que se transferiu para a universidade chilena em 2011, e Marcin Pawlowski, da Universidade de Gdansk, na Polônia, a startup desenvolveu um gerador de números aleatórios baseado em propriedades da física quântica. Segundo a empresa, isso tornaria o dispositivo praticamente inviolável e garantiria a imprevisibilidade dos algoritmos por ele fornecidos. O aparelho pode ser usado em jogos de azar e também como fonte de chaves criptográficas.

“Tivemos uma ideia muito interessante para a geração de números aleatórios que, ao mesmo tempo, permitiu a criação de um produto com um preço viável”, explica Moreira Lima, que, ao lado de Pawlowski, detém uma patente sobre a tecnologia que desenvolveram. “Dessa forma, podemos ter uma empresa estável.” O brasileiro fundou a Sequire

Quantum com o colega polonês e o físico norte-americano Stephen Walborn, que fez mestrado e doutorado na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e foi docente da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) por 12 anos antes de se transferir para a universidade chilena em 2019.

“O dispositivo é como um minicomputador quântico de 1 qubit [bit quântico]”, compara Assmann. “Sua única finalidade é gerar números aleatórios.” Ele tem uma fonte de laser e gera 10 milhões de fótons (partículas de luz) por segundo que podem ser flagrados ou não por dois detectores no aparelho. A sucessão de registros e não registros no par de detectores gera um código imprevisível que pode ser convertido em uma sequência de números.

Até agora, a empresa recebeu investimentos da ordem de US\$ 1,5 milhão, mais de 90% deles de origem privada, e vendeu sete dispositivos a um preço não divulgado. O primeiro cliente foi a Loteria de Concepción. Desde 2022, os sorteios feitos pela casa de jogos usam os números gerados pelo aparelho da Sequire Quantum. Na área de cibersegurança, a empresa assinou acordos com as forças armadas do Chile e a multinacional francesa Thales, que atua na área de sistemas de informação. Walborn e a astrofísica Paulina Assmann, CEO da startup, estiveram no Brasil em abril para divulgar o produto da empresa e prospectar parcerias durante encontro sobre tecnologias quânticas realizado como evento preparatório para a 5ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. ■

Dispositivo comercial, baseado em tecnologia quântica, que gera números aleatórios e é usado pela Loteria de Concepción



ÁLCOOL, GELO E POEIRA ESTELAR

Moléculas complexas associadas à origem da vida são identificadas na fase sólida em duas estrelas nascentes

Marcos Pivetta

Moléculas orgânicas complexas consideradas ingredientes das reações químicas que podem levar ao surgimento da vida foram identificadas pela primeira vez em gelos em torno de duas estrelas nascentes. Esse tipo de composto, formado por pelo menos 6 átomos que incluem carbono, oxigênio e hidrogênio, já tinha sido encontrado no estado gasoso em outras protoestrelas, que estão nos primórdios de sua formação e ainda não têm planetas ao seu redor. Sua detecção como um sólido havia sido prevista por experimentos em laboratório, mas nunca fora obtida de forma inequívoca por meio de observações astronômicas. Agora, segundo artigo publicado em março na revista *Astronomy & Astrophysics*, a assinatura química de pelo menos três moléculas orgânicas complexas foi observada, sem margem de dúvida, nas estrelas IRAS 2A e IRAS 23385. A primeira dista 975 anos-luz da Terra e a segunda 16 mil anos-luz.

A molécula mais famosa identificada foi o etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), o álcool etílico

presente na cerveja, vinho e em outras bebidas. Outra razoavelmente conhecida foi o acetaldeído (CH_3CHO), um dos agentes responsáveis pela sensação de ressaca depois de beber em excesso. O terceiro composto identificado é menos familiar: o metanoato de metila (CH_3OCHO), que pode ser usado como solvente do acetato de celulose e inseticida. Com um grau de certeza menor, também foi registrado no gelo interestelar indício de ácido acético (CH_3COOH), principal ingrediente do vinagre.

“O artigo mostra que moléculas orgânicas complexas podem se formar no gelo em torno das protoestrelas. Vários trabalhos de laboratório sugeriam que isso era possível, mas não havia nenhuma observação que comprovasse essa ideia”, explica o astrofísico brasileiro Will Rocha, primeiro autor do trabalho, que faz pós-doutorado na Universidade de Leiden, nos Países Baixos. “Por estarem presentes no gelo, essas moléculas teriam menor chance de serem destruídas pela radiação e poderiam sobreviver ao processo de evolução de uma protoestrela.” Dessa forma, em tese, poderiam ser inseridas em planetas em formação e

servir de matéria-prima para a formação de moléculas necessárias para o surgimento de vida, como os aminoácidos.

O registro foi obtido com um dos espectrógrafos a bordo do telescópio espacial James Webb, projeto das agências espaciais norte-americana (Nasa), europeia (Esa) e canadense (CSA). Esse tipo de instrumento dispersa a luz proveniente de um objeto astrofísico e permite, entre outros parâmetros, inferir sua composição química.

Para o astrofísico Sergio Pilling, coordenador do Laboratório de Astroquímica e Astrobiologia da Universidade do Vale do Paraíba (Univap), o trabalho reforça a hipótese de que certa química orgânica complexa ocorre em grãos gelados antes de serem incorporados às fases gasosas ou até mesmo aos corpos planetários. “Compreender a abundância e a distribuição dessas moléculas no espaço pode fornecer *insights* sobre a habitabilidade potencial de outros planetas”, comenta Pilling, que não participou da equipe responsável pelo estudo. Uma das estrelas nascentes, a IRAS 2A, se parece com o Sol no início de sua existência e pode ser útil para entender sua origem. ■

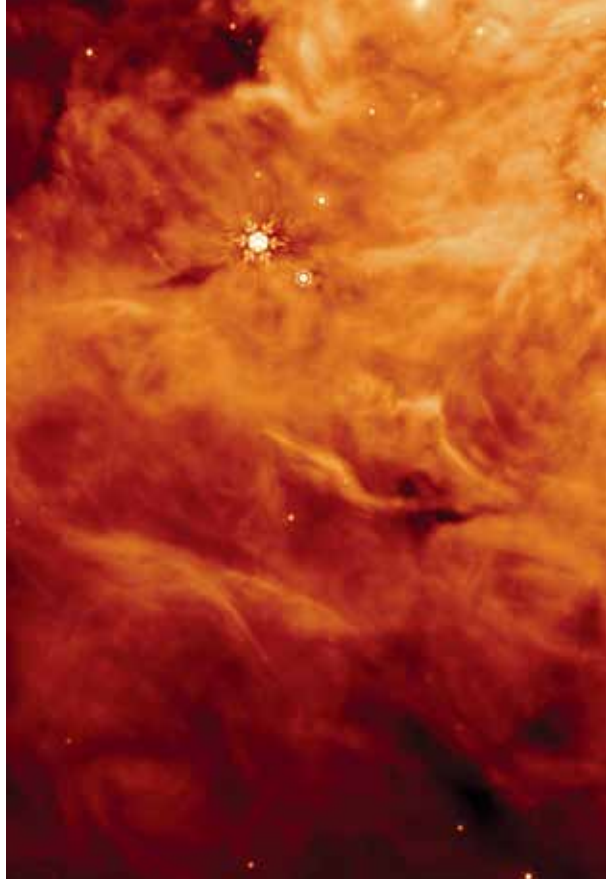


Imagem em infravermelho obtida pelo telescópio James Webb de região próxima à protoestrela IRAS 23385

O ELO FRACO DA CORRENTE

Derretimento do gelo na Groenlândia põe em risco funcionamento da Amoc, a principal circulação oceânica do Atlântico

Meghie Rodrigues

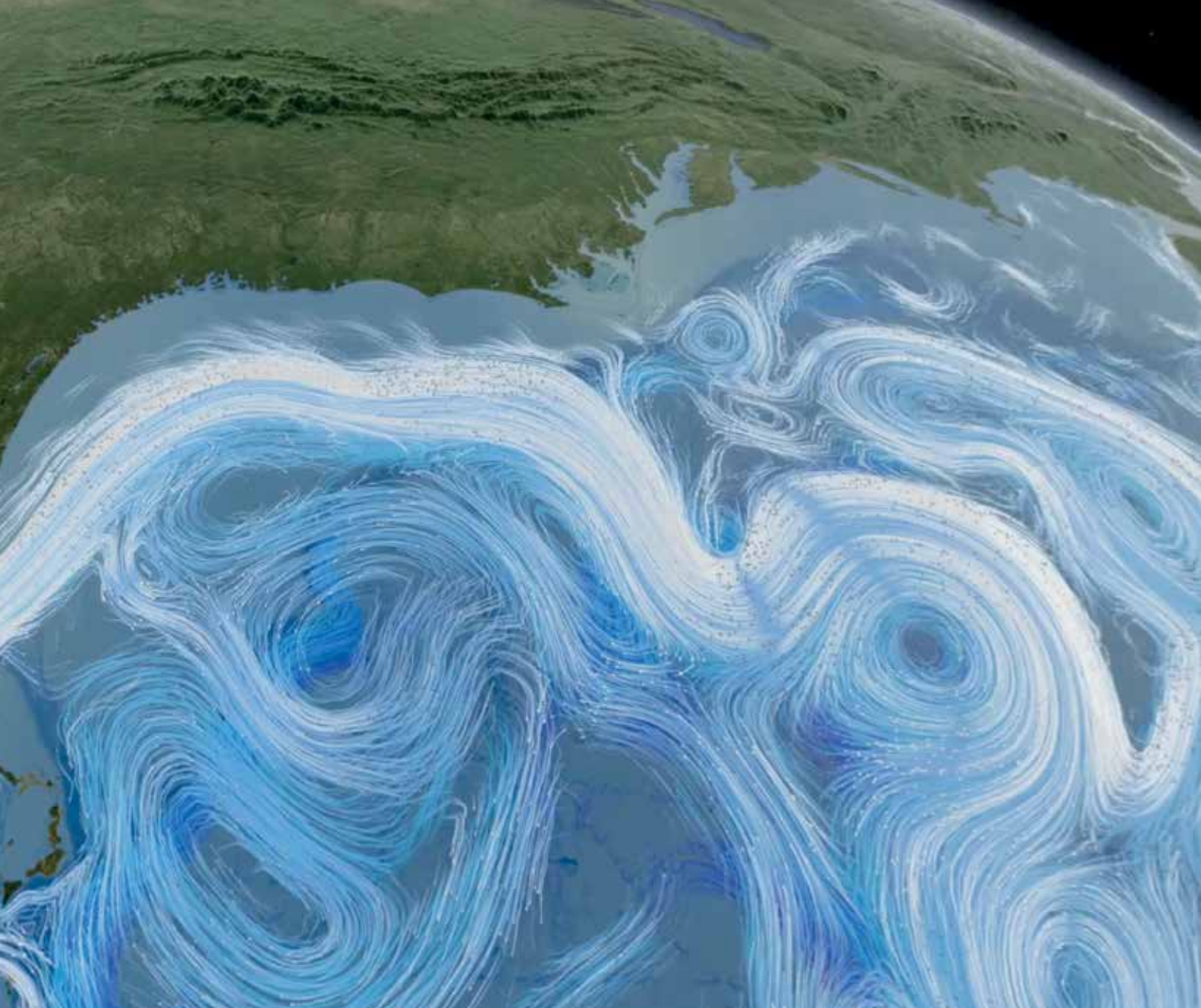


No filme *O dia depois de amanhã*, de 2004, o derretimento da calota polar do Ártico faz a circulação do Atlântico Norte entrar em colapso. A mudança nesse sistema de correntes oceânicas é o ponto inicial de uma catástrofe que joga o planeta em uma nova era do gelo. Segundo um artigo publicado em fevereiro na revista *Science Advances*, o braço atlântico da grande circulação oceânica que circunda os continentes está a caminho de se tornar tão fraco que pode alcançar um ponto de não retorno em decorrência das mudanças climáticas.

O trabalho não estima quando tal alteração poderia ocorrer, se daqui a poucos ou muitos anos. “Estamos mais perto [do colapso], mas não sabemos quão mais perto”, disse, à agência *Reu-*

ters, o oceanógrafo René van Westen, primeiro autor do estudo, que faz pós-doutorado na Universidade de Utrecht, nos Países Baixos. O artigo aponta que o enfraquecimento da Circulação de Revolvimento Meridional do Atlântico (Amoc), nome técnico do sistema, poderá provocar fortes anomalias no atual regime de chuvas e no padrão das temperaturas até o final do século.

Em linhas gerais, a debilidade da circulação tornaria o hemisfério Norte mais frio nas próximas décadas, em especial na América do Norte e no norte da Europa, e o hemisfério Sul mais quente. Não haveria uma nova glaciação global, como mostra, de forma exagerada, o longa de Hollywood, mas as implicações do fenômeno poderiam ser significativas. O trabalho é baseado em modelagem climática. Seus resultados reforçam as evidências observacionais e paleoclimáticas de



Representação da Amoc, corrente mais grossa em branco, perto da costa da Flórida

que a Amoc perdeu 15% de sua intensidade nas últimas duas décadas e se encontra, hoje, em seu momento mais fraco do milênio.

Segundo o relatório de síntese do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), de 2023, “há um grau médio de certeza de que a Amoc não vai colapsar de forma abrupta antes de 2100, mas, se isso ocorresse, muito provavelmente haveria mudanças abruptas nos padrões regionais de clima e grandes impactos nos ecossistemas e nas atividades humanas”. A versão anterior do relatório, de 2021, estima que a chance de ocorrer a paralisação completa da circulação atlântica até o final do século varia entre 4% e 46% em um quadro de emissões controladas de gases de efeito estufa (com aquecimento global não muito maior do que o atual) e entre 17% e 55% em um cenário com forte alta das emissões.

Em um artigo do fim do ano passado, pesquisadores de instituições brasileiras e alemãs observaram, também via modelos climáticos, os possíveis efeitos de um colapso da Amoc sobre a floresta amazônica. O estudo, publicado na revista *Communications Earth & Environment*, indica que, somando-se ao pior cenário de mudanças climáticas, a paralisação da circulação poderia, em um primeiro momento, amenizar o avanço da seca na região. “Mas isso seria apenas um atraso temporário no processo de savanização da Amazônia”, conta a oceanógrafa Regina Rodrigues, do Laboratório de Extremos Climáticos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), coautora do estudo.

A pesquisadora estima que esse retardo seria de aproximadamente uma década: o processo de savanização (a substituição da densa e fechada

floresta tropical por uma vegetação mais esparsa, com poucas árvores, similar à do Cerrado) se intensificaria por volta da década de 2050 em vez de 2040. “Esse atraso não produziria benefício algum à Amazônia e o enfraquecimento da Amoc teria grandes impactos no clima mundial”, comenta Rodrigues.

A debilidade da Amoc é causada, de forma indireta, pelo aquecimento global. As atuais temperaturas mais quentes fazem mais gelo derreter na região do Ártico. Isso eleva a quantidade de água doce e diminui a salinidade do oceano perto da parte sul da Groenlândia, local por onde a Amoc passa. A alteração torna menos intensa a circulação oceânica nessa região a ponto de colocar em risco a sua manutenção.

“A água menos salina na superfície do mar congela muito mais rapidamente”, explica a oceanógrafa Letícia Cotrim da Cunha, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ). Ao solidificar, a água menos salina forma uma camada bem pouco profunda de gelo acima da superfície do mar. “É como se puséssemos um tampão sobre aquela água que deveria afundar”, compara a pesquisadora.

O funcionamento da Amoc é importante para a manutenção do equilíbrio térmico do planeta em condições similares às atuais. Em seu ramo superior, a Amoc transporta água quente, que circula na superfície por ser mais leve, desde as altas latitudes do Atlântico Sul até o sul da Groenlândia. Nesse ponto, as águas superficiais perdem calor para a atmosfera, ficam mais frias e densas e afundam. “Chamamos esse processo de convecção profunda”, diz o oceanógrafo físico César Barbedo Rocha, do Instituto Oceano-

gráfico da Universidade de São Paulo (IO-USP). As águas que submergiram são transportadas pelo ramo inferior da Amoc e passam a circular a 3 ou 4 mil metros de profundidade, iniciando seu caminho de volta às altas latitudes do Atlântico Sul.

Ao passar pelos trópicos e chegar à porção sul do planeta, parte dessa água fria retorna à superfície devido à mistura com águas mais quentes sobrejacentes e de fortes ventos de oeste ao redor da Antártida. Esse é o processo denominado ressurgência. A Amoc, portanto, é um padrão de circulação entre os hemisférios que transporta, em altas profundidades, águas frias do Ártico para a Antártida e, em superfície, águas quentes para o norte.

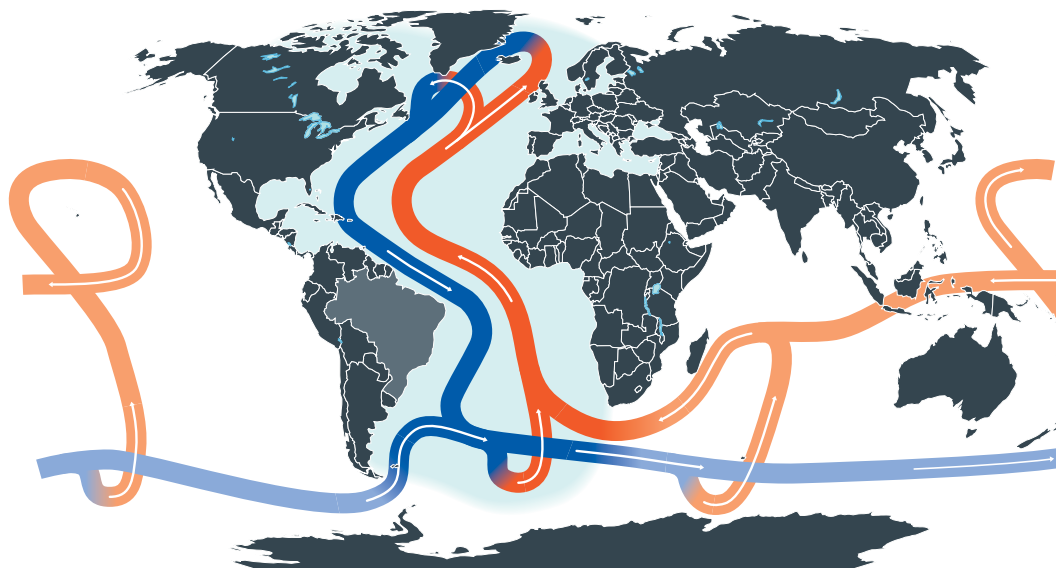
MEDIÇÕES NO HEMISFÉRIO SUL

Para ter certeza de um possível colapso da Amoc, no entanto, é preciso mais estudos. As medições diretas sobre a dinâmica da circulação começaram apenas em 2004. “Temos cerca de 20 anos de dados, ainda muito pouco para a escala de tempo de um processo tão complexo como a Amoc. Mês a mês, ano a ano, a corrente pode variar muito e essas flutuações têm potencial para mascarar tendências”, conta Rocha. As duas décadas de observações diretas não mostram tão claramente a tendência de enfraquecimento da Amoc que aparece em estudos com modelagem climática, como o da *Science Advances*.

As medições diretas não são igualmente distribuídas pela bacia do Atlântico: a maioria se concentra na porção norte do oceano, na borda entre a Europa e os Estados Unidos. Muitos pesquisadores do hemisfério Norte dizem que a corrente do Golfo, que começa no Golfo do México e segue pela costa leste dos Estados Unidos até a Europa, é a que melhor indica as variações

A GRANDE CIRCULAÇÃO GLOBAL

A Amoc leva água quente e superficial (*em vermelho*) do Atlântico Sul para o Norte e traz água fria e profunda (*em azul*) da Groenlândia até a ponta da América do Sul



FONTE MET OFFICE (REINO UNIDO)



Derretimento do permafrost (solo normalmente congelado) no Alasca em razão do aquecimento global

da Amoc. No entanto, alguns oceanógrafos brasileiros argumentam que o enfraquecimento da circulação é mais observável no hemisfério Sul e perto dos trópicos.

Há 13 anos existem observações da Amoc na altura da costa brasileira. Um dos projetos com foco na instalação de sensores e medição de variabilidade no transporte de calor na Amoc é o Sambar, financiado pela FAPESP e coordenado por Edmo Campos, do IO-USP. Observando as mudanças ao redor do paralelo 34,5° Sul – que passa pelo município de Chuí, no Rio Grande do Sul, e pela Cidade do Cabo, na África do Sul –, o projeto já captou alguns indícios de mudança de temperatura em águas profundas na região.

A oceanógrafa física Ilana Wainer, colega de Campos no IO-USP, também está à procura de “impressões digitais” da mudança de equilíbrio na Amoc. “Dados do passado mostram que esse enfraquecimento, ou mudança de equilíbrio, pode acontecer”, diz a pesquisadora. Entre seus objetos de pesquisa, estão as mudanças na circulação do Atlântico Sul no Plioceno Médio, cerca de 3 milhões de anos atrás, quando a Terra tinha uma temperatura média cerca de 2 a 3 graus Celsius (°C) mais alta que a registrada no período pré-industrial, em meados do século XIX.

Uma das impressões digitais é a mudança que ocorre na bifurcação do ramo sul da corrente Sul Equatorial (que não aparece na ilustração da página 58) perto da costa do Nordeste. “Se a bifurcação vai mais para sul, isso significa que há mais transporte para o norte, alimentando o ramo superior da Amoc. Mas, se ela se move para o norte, o transporte aumenta para o sul, enfraquecendo a contribuição para o ramo superior da Amoc”, comenta Wainer. Esse mecanismo ajudaria a explicar por que a corrente está enfraquecendo. Para funcionar a contento, a Amoc depende do transporte de água que sai do Atlântico Sul e chega até a Groenlândia.

“Conduzimos investigações com dados de modelagem numérica em diferentes escalas temporais e encontramos o mesmo comportamento”, diz a oceanógrafa Fernanda Marcello, que faz pós-doutorado no IO-USP sob supervisão de Wainer. Foram analisadas simulações que cobrem os últimos 22 mil anos, desde o fim do Último Máximo Glacial (era do gelo), além de simulações focadas em períodos mais recentes, dos últimos 2 mil anos. Tanto através de simulações quanto de medições diretas, o *status* atual da Amoc ainda não é totalmente claro, mas o risco de colapso da circulação oceânica não pode ser desprezado. ■

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

CATALISADOR DE DESCOBERTAS

Químico ganhou o Prêmio Nobel em 2021 por inovações importantes para a indústria farmacêutica

Maria Guimarães

Em abril, interessados em ciência tiveram a oportunidade de se encontrar com três ganhadores do Prêmio Nobel, o mais prestigioso da ciência. Foram dois dias de programação com o químico escocês David MacMillan, da Universidade de Princeton, nos Estados Unidos, premiado em 2021, a neurocientista norueguesa May-Britt Moser, da Universidade Norueguesa de Ciência e Tecnologia (Medicina, 2014), e o físico francês Serge Haroche, do Collège de France, laureado em 2012. A ideia era reunir cientistas, estudantes e empresários para falar sobre como a ciência pode ajudar a tornar o mundo melhor. O Diálogo Prêmio Nobel Rio e São Paulo 2024 foi organizado pela Academia Brasileira de Ciências (ABC) em parceria com a Fundação Nobel, com apoio da FAPESP.

Pesquisa FAPESP conversou com MacMillan entre os dois dias de programação, em uma rara brecha no cronograma de encontros e palestras. Ele lidera um laboratório na área de catálise, que se concentra sobre moléculas capazes de acelerar ou possibilitar reações químicas. Seu prêmio reconheceu a importância da organocatálise assimétrica, área criada por ele nos anos 1990 quando era professor na Universidade da Califórnia em Berkeley, que teve grande impacto na indústria farmacêutica.

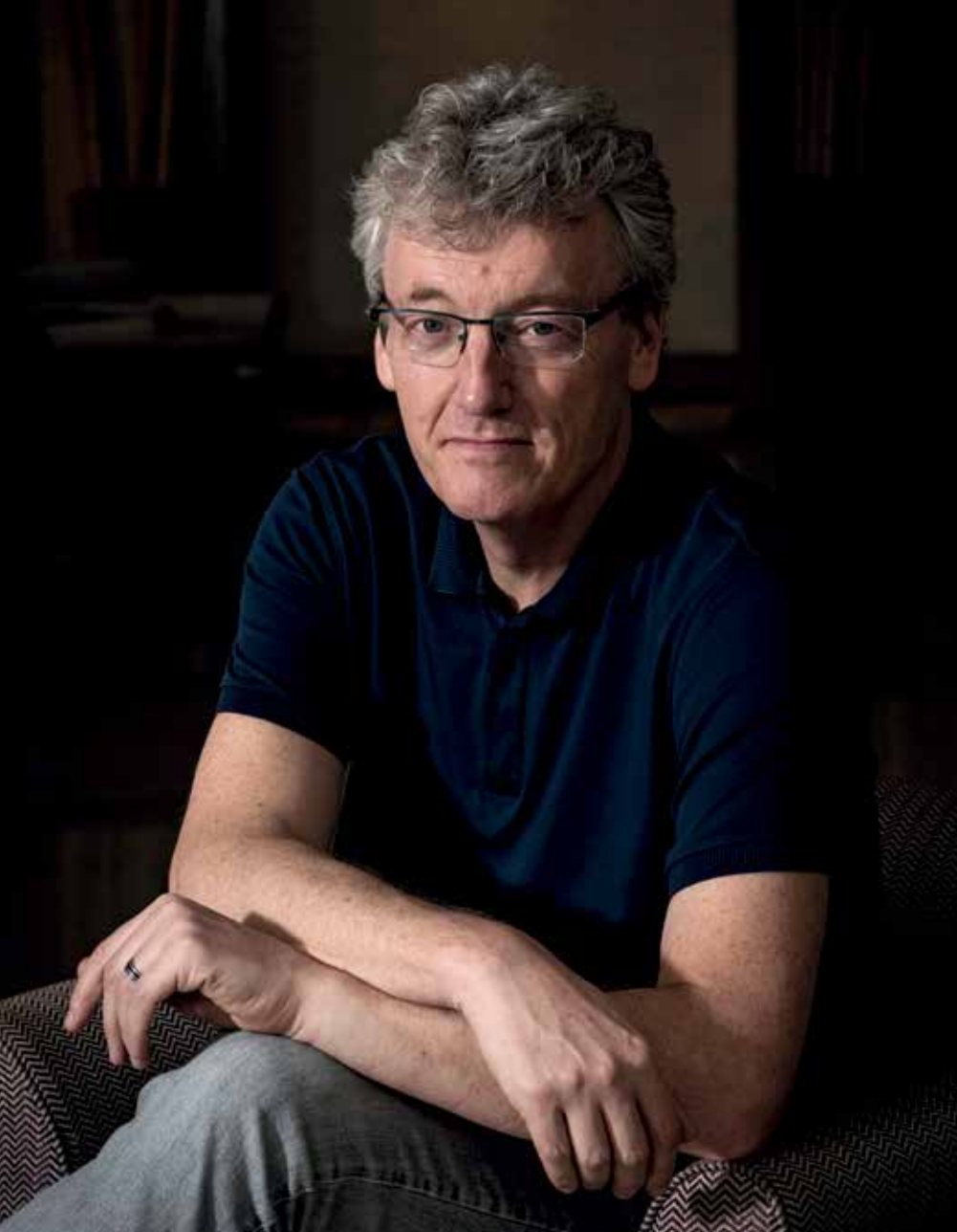
De lá para cá, o químico abriu outros caminhos igualmente relevantes. “Se a fotocatalise se fortalecer como a organocatálise, os especialistas da área consideram que ele é candidato a um segundo Nobel”,

diz a química Fernanda Finelli, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que há 15 anos realizou estágio de pós-doutorado no laboratório de MacMillan. Ela conta que o químico lidera seu grupo de perto, com uma mistura de seriedade, paixão e graça. “Aprendi com ele a ter em mente qual será o impacto de uma ideia concretizada.”

MacMillan foi o fundador da Iniciativa de Catálise de Princeton, na qual empresas investem e podem desenvolver projetos em conjunto com pesquisadores das mais diversas áreas, colhendo inovação e novos conhecimentos. Atualmente, envolve 15 departamentos, 95 docentes e seis parceiros industriais. Ele espera ver esse tipo de parceria entre academia e empresa ganhar espaço no Brasil, o que daria uma maior dimensão à excelência dos cientistas do país e contribuiria para o fortalecimento do ramo farmacêutico.

Essa interação existe até dentro da família. Sua mulher, a química coreana Jean Kim MacMillan, hoje consultora da indústria farmacêutica, está atenta nas descobertas para o desenvolvimento de fármacos e participa das viagens, contribuindo com sua visão aplicada nas conversas com especialistas. O casal tem três filhas.

Apaixonado por futebol, MacMillan, de 56 anos, aproveitou a passagem pelo Rio para visitar a sede do Botafogo e ver o Fluminense empatar com o Bragantino no Maracanã. São esses raros momentos em que deixa a química de lado.



Em São Paulo, MacMillan fez uma pausa de 40 minutos em sua programação para conceder esta entrevista

Como é participar do Diálogo Nobel?

Tem sido muito interessante. Encontrei estudantes, professores e pessoas do meio empresarial e vi o que estão pensando sobre ciência, política e a relação entre os meios acadêmico e industrial. Os brasileiros falam com muita empolgação sobre a ciência que fazem. Sou escocês e somos parecidos – é um estilo cultural diferente, mas também muito autêntico.

Você conta muito com seus estudantes. Como cria um ambiente de excelência e criatividade?

Eu acredito que a vasta maioria das pessoas pode ter sucesso, e isso pode ser amplificado em circunstâncias propícias. Em meu laboratório, ponho estudantes em projetos que podem ter sucesso. Quando eles percebem que dão conta, é

como ver uma flor desabrochar na sua frente. Fernanda [Finelli] é um dos melhores exemplos. Quando ela chegou ao meu laboratório, estava intimidada. Mas entrou em um projeto ótimo, publicou em um dos melhores periódicos do mundo. Quando voltou ao Brasil, tinha confiança do que podia atingir. Todos são diferentes, é preciso passar tempo com as pessoas para entender o que funcionará para cada um. Uma vez feito isso, a ciência cuida da ciência.

O que mudou depois do Prêmio Nobel?

Eu era um químico bem-sucedido, respeitado. Mas era um químico. E aí vem o Nobel. De repente era preciso representar meu país, meu campo, minha universidade, meu grupo. De uma hora para outra, muita gente quer falar comigo – o

que é um privilégio, mas é uma situação estranha. Por 12 meses, aproveitei a experiência. Em seguida, fiz uma autoanálise sobre o que me apaixona. Eu amo química. Este ano tem sido provavelmente o mais produtivo de meu grupo. Nunca tive mais orgulho do que fazemos, e a química é que me proporciona isso. É o que adoro fazer.

Pode explicar o que é a organocatálise assimétrica?

Se você olhar para as suas mãos, elas parecem idênticas. Mas não são, porque se você pegar a luva da mão esquerda, ela não caberá na direita. São imagens espelhadas. Na química orgânica, as moléculas também existem em formas espelhadas. Mas todas as moléculas do organismo – o DNA, as proteínas, as enzimas – são feitas da mesma forma, e não a espelhada. Não se sabe por quê. Por isso, em fármacos, uma forma pode ser um medicamento e a espelhada pode ser tóxica, ter efeitos colaterais. Se eu tentar distingui-las no laboratório, levará 40 minutos, usando equipamento caro. Mas se eu der para uma criança cheirar, ela saberá que são diferentes, porque o corpo reconhece as moléculas. Para fa-

zer remédios, é preciso produzir a forma correta, mas é muito difícil. O que fizemos foi inventar a maneira. Agora isso é usado para fazer medicamentos, perfumes, xampus, polímeros e várias coisas diferentes, usando moléculas orgânicas para fazer a catálise, em vez de métodos não sustentáveis.

Quando inaugurou e batizou a área, você não sabia como fazer esses catalisadores. Por que era tão difícil?

Na época, as únicas maneiras conhecidas no mundo eram com uso de metais, que podem ser tóxicos, ou a biocatálise, que emprega as enzimas, os catalisadores da vida. Não havia princípios gerais para o uso de moléculas orgânicas. Eu queria fazer isso, mas não sabia como. Uma das coisas em que acredito: é melhor ter uma ótima pergunta do que uma ótima solução. Com isso a pessoa fica determinada, talvez até obsessiva. Se estiver rodeada de estudantes excelentes, eles resolverão o problema. Nesse caso, funcionou bem depressa. Até hoje, me lembro do momento em que descobri que tinha funcionado, foi uma experiência incrível. Eu estava em Berkeley, me lembro de pensar que conseguiria ser efetivado. Quando a gente é professor assistente, manter o emprego é a grande preocupação.

Você imaginou que talvez não fosse possível?

Sim. Recentemente publicamos na *Science* um artigo do qual estou muito orgulhoso. Trabalhamos por 17 anos no projeto. Provavelmente por 16 deles eu pensei que não resolveria durante minha carreira. E conseguimos.

O que é?

Algumas moléculas são muito comuns na natureza. O grupo funcional principal são os álcoois, que têm sempre um oxigênio e um hidrogênio na ponta. Tipicamente, é possível ligar o oxigênio a outras coisas, mas não é possível remover os oxigênios para fazer ligações entre carbonos. Queríamos descobrir como pegar qualquer par de moléculas de álcool, descartar os oxigênios e conectá-las. No início parecia loucura, mas agora descobrimos como fazer. Eu acho fantástico, mas não sabia se o mundo se importaria. As pessoas realmente se empolgaram, porque é uma nova for-

ma de construir moléculas. As empresas farmacêuticas já estão usando.

Para que elas usam?

Na descoberta de fármacos, é preciso fazer moléculas tridimensionais e testá-las. Em geral, é preciso produzir 8 mil moléculas para encontrar uma que chegue à clínica para testes em seres humanos. Em muitos casos, o pesquisador na empresa farmacêutica nem se dá ao trabalho de tentar, seria o equivalente a comprar um bilhete de loteria. Mas, se for possível usar os álcoois, que são tridimensionais, a pessoa consegue construir moléculas. Em vez de precisar de um mês, basta uma reação. Isso acelera a forma em que se pode ter acesso a moléculas para teste. Para nós, é imensamente satisfatório.

Quando um problema leva 17 anos para ser resolvido, como os estudantes conseguem se graduar no caminho?

Não é possível trabalhar nisso o tempo todo. Se um estudante tenta e não consegue, passo para outro projeto. É quase preciso esperar que toda aquela turma de estudantes termine, porque senão eles dirão à próxima pessoa: “Não trabalhe nesse projeto, não funciona”. É preciso esperar que a memória se dissipe e, quando vem a próxima turma, pôr outra pessoa no projeto. Nesse caso, um

doutorando de primeiro ano resolveu o problema. Na química, ser inexperiente ajuda muito, porque a pessoa faz coisas que outras, com mais conhecimento, não fariam. Mas a química é muito mais complexa do que respostas “sim/não”. Sou muito fã de não ser cético, porque quando a pessoa é, nada funciona. Cada vez que não se faz uma reação química, ela tem 0% de chance de funcionar. Mas mesmo que a chance seja de 2%, se a pessoa tentar 50 vezes, talvez dê certo. É valioso ultrapassar o que se acha possível ou impossível.

Você trabalha muito próximo à indústria farmacêutica, não?

Sim. Sou muito influenciado pela maneira como trabalham. As empresas não me pedem soluções, mas, como observador neutro, penso como posso inventar formas de mudar a maneira como trabalham. Felizmente, temos feito coisas úteis, que foram adotadas. Um estudante pode literalmente inventar uma reação na segunda-feira e ela já ser usada na sexta-feira da mesma semana na indústria farmacêutica. Quando um estudante vê isso acontecer, se sente muito fortalecido. É uma das melhores maneiras de motivar as pessoas com a ciência que fazem.

Como vê a dicotomia entre ciência básica e aplicada?

A questão é: você é mais aplicado, ou mais básico? Precisamos de todo o espectro, senão perderemos oportunidades enormes. Em artigos científicos de 100 anos atrás, tinha gente fazendo organocatálise. Mas era muito básico e eles não tinham ideia de que seria útil no futuro.

Outra porta que você abriu foi a fotocatalise, certo?

Penso na organocatálise como meu primeiro bebê, e na fotocatalise como meu segundo. E já cresceu mais, o que é notável. Na ciência, é preciso mergulhar para enxergar todas as direções inesperadas que se pode tomar. Depois é preciso confiar na intuição. Publicamos artigos sobre catalisadores fotorredutivos por três anos, com resultados pouco empolgantes. Precisei então decidir se continuava ou mudava para outra área, mas achei que havia algo ali, e continuamos. Dois anos mais tarde, explodiu. Agora centenas de grupos de pesquisa trabalham



Sou muito fã de não ser cético, porque, quando a pessoa é, nada funciona. É valioso ultrapassar o que se acha possível ou impossível

Ingressos esgotados na USP: Adam Smith, do Nobel Prize Outreach, MacMillan, Serge Haroche e May-Britt Moser



com isso, e todas as empresas farmacêuticas, agroquímicas e de perfumes usam, no mundo todo.

Como funciona?

Posso iluminar minha mão com luz azul o dia todo, que nada acontece. Mas se eu lanço luz azul – apenas um fóton – nesse catalisador, ele atinge o equivalente a 32 mil graus Celsius [°C]. Ele não pode emitir esse calor, mas precisa fazer algo com a energia. Uma das possibilidades é interagir com alguma molécula muito estável para dar ou receber elétrons. Quando ele faz isso, torna aquela molécula altamente reativa. É possível pegar essas matérias-primas que existem em qualquer lugar do mundo, moléculas sem graça, e fazer com que realizem coisas que antes eram difíceis. Não parecia razoável no início.

E agora vocês encontraram usos biológicos para isso?

Estamos fazendo algo chamado mapeamento. Uma proteína em uma rota biológica interage com um monte de outras coisas. Em uma célula cancerígena, pode entrar em reações com outros elementos, mas não sabemos quais. Então pegamos esses fotocatalisadores e costuramos, molecularmente, nessas proteínas de forma a continuarem interagindo dentro da célula. Agora, quando lançamos o fóton azul, o catalisador deixa um rastro onde quer que a proteína vá. Uma das coisas que fizemos recentemente: os tratamentos de câncer funcionam por um tempo, depois o corpo humano deixa de responder. A questão é saber por quê. Podemos estudar com o que a proteína interage quando tudo está funcionando, e o que muda quando a

célula se torna resistente. E encontramos moléculas com as quais ela interagiu. Em seguida podemos pegar outra pequena molécula – o medicamento – para tratar essa rota e acionar a medicação outra vez. As células resistentes voltam a ser operacionais. *In vitro*, conseguimos fazer isso lançando fótons azuis nos catalisadores, que não causam danos às células. Em camundongos, usamos luz vermelha, porque ela atravessa os tecidos. O artigo original foi uma colaboração com biólogos da empresa farmacêutica Merck sobre um tratamento de câncer, e desde então seguimos outros caminhos. Mais uma vez, tem a ver com a inexperiência. Fazemos coisas que um biólogo não faria, mas como não sabemos disso, chegamos a descobertas surpreendentes.

É possível democratizar a química?

Quando comecei a fazer organocatálise, as pessoas diziam que era fácil, sendo professor em Berkeley. É verdade, tínhamos recursos e ótimos estudantes. Mas a primeira ideia foi usar uma molécula orgânica em um experimento e custava 5 centavos. Funcionou. Então não se tratava de dinheiro, mas de ter uma ideia boa. Agora vemos, em países com poucos recursos, pessoas que ensinam organocatálise e podem elaborar suas próprias ideias. Isso abre caminho para criatividade e inovação sem a necessidade de grande financiamento. A catálise se tornará cada vez mais barata conforme os tipos de reatividade descobertos. A proteômica, por outro lado, deve ser a coisa mais cara que fazemos, não poderia ser usada em um lugar sem recursos. Se eu tentar democratizar tudo, fico em um regime muito específico. Mas no caminho, se for possível incor-

porar componentes de democratização, é uma boa ideia. O mundo fará isso de qualquer maneira.

Sua mulher, Jean, também é química. Ela é empolgada pelo trabalho como você?

Ela trabalha melhor que eu: pôs dois medicamentos no mercado, enquanto a maior parte dos químicos medicinais não consegue um. O mais recente, que ela fez para uma empresa pequena de biotecnologia para a qual trabalhava, foi vendido por US\$ 2 bilhões, graças à molécula dela. As pessoas perguntam se sou um dos melhores químicos de Princeton. “Não sou nem o melhor químico da minha casa”, responde. Ela é uma química sensacional, adora viajar e interagir com cientistas. É um sonho realizado para ela e para mim podermos fazer isso nesse ponto de nossas carreiras.

Vocês têm três filhas, conseguem se encontrar com elas?

Conseguimos. A mais nova tem 18 anos e está fazendo trabalho voluntário na África. Ela estava com dificuldades em química no ensino médio e dissemos que ela precisava ir bem, tendo pai e mãe químicos. A convidei para trabalhar em meu laboratório durante o verão. No final, perguntei o que tinha achado, ela respondeu: “Pai, tudo bem com a química, mas o que gostei mesmo foi da fofoca”. Ela percebeu que os laboratórios são feitos de gente e considera se tornar cientista graças a essa experiência humana. A mais velha, aos 26, vai fazer doutorado em ciência biomédica, e a do meio, que tem 24 anos, se formou em sociologia e pensa em se tornar advogada. São muito diferentes, mas formam um ótimo time. ■



RUMO À NOVA FRONTEIRA AGRÍCOLA

Pesquisadores brasileiros organizam rede a fim de contribuir com programa da Nasa voltado ao abastecimento de futuras colônias na Lua e em Marte

Frances Jones

Cerca de 40 pesquisadores brasileiros de 13 instituições formaram uma rede, por enquanto informal, para avançar em uma área ainda pouco explorada no país: a agricultura espacial. O projeto ganhou impulso depois que a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Agência Espacial Brasileira (AEB) assinaram em setembro de 2023 um protocolo de intenções com foco no crescimento de plantas no espaço, abrindo uma oportunidade para o Brasil contribuir para o programa Artemis, da Nasa, agência espacial norte-americana. Essa iniciativa prevê, entre outros pontos, a construção de uma base na Lua como um primeiro passo para uma futura missão tripulada a Marte. Em meio a uma nova corrida espacial travada especialmente com a China, os Estados Unidos lançaram em 2020 os Acordos Artemis, estabelecendo diretrizes gerais para a cooperação entre países na exploração pacífica do espaço. O Brasil aderiu há quase três anos ao acordo, que conta hoje com a participação de 36 nações.

Um dos desafios de longas missões fora da Terra é a produção de alimentos frescos, seja em estações espaciais e espaçonaves ou mesmo na Lua e em Marte. Iniciativas internacionais têm

buscado desenvolver projetos e protótipos de possíveis estufas lunares e marcianas. Pesquisas realizadas pela Nasa contribuíram para aprimorar o uso de luzes LED na agricultura em ambientes controlados e na estrutura de fazendas verticais, hoje montadas nas cidades (ver Pesquisa FAPESP nº 310).

Na Estação Espacial Internacional (ISS), projeto conjunto das agências espaciais norte-americana, europeia, canadense, japonesa e russa, astronautas já consomem alface, couve-chinesa, rabanete, tomate, acelga, entre outros vegetais, cultivados em câmaras de duas plataformas desenvolvidas pela Nasa, o Sistema de Produção Vegetal (Veggie) e o Hábital Avançado de Plantas (APH). Uma terceira plataforma, Ohalo III, está em desenvolvimento no Centro Espacial Kennedy, na Flórida, Estados Unidos.

Agora, grupos brasileiros pretendem usar a sua expertise para contribuir nessa área. “O Brasil é reconhecido internacionalmente pela pesquisa agrícola e não há razão para deixar de participar do Artemis em um setor em que somos muito fortes”, diz a engenheira-agrônoma Alessandra Fávero, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, sediada em São Carlos (SP), e líder da iniciativa.

Flor do gênero
Zinnia é cultivada
na Estação Espacial
Internacional

Fazenda vertical da empresa paulista Pink Farms: pesquisas da Nasa contribuíram para aprimorar o uso de luzes LED nessas instalações

“Nossa ideia é trabalhar em um pacote tecnológico de duas plantas-modelo: batata-doce e grão-de-bico. Queremos desenvolver cultivares mais adaptados a situações desafiadoras, como as de ambiente fechado, de microgravidade e sujeitas à radiação cósmica.” A atmosfera da Terra protege as plantas e os animais dos vários tipos de radiação ionizante presentes no espaço. As consequências da exposição intensa, sem a proteção da atmosfera, como os possíveis efeitos mutagênicos nos vegetais, precisam ser mais bem estudadas.

Fávero pondera que as plantas e sistemas desenvolvidos poderão ser usados tanto em estações espaciais e na Lua como eventualmente na Terra. “Não apenas em fazendas verticais urbanas, mas em qualquer outro contexto associado às mudanças climáticas, em que tenhamos menor disponibilidade de água ou luz”, sugere.

A definição das duas plantas-modelo ocorreu após um ano de conversas e discussões entre os pesquisadores, antes da formalização do protocolo entre Embrapa e AEB, em 2023. “Para uma colônia extraterrestre ou viagem espacial muito longa, levar alimento da Terra tem custo elevadíssimo. E o espaço para estocagem é reduzido”, pondera o biólogo Gustavo Maia, da Universidade Federal de Pelotas (UFPeL), no Rio Grande do Sul, um dos membros da nova rede. Segundo ele, o aspecto nutricional será primordial para os colonizadores. “Certamente não haverá muitas culturas. Por isso, optamos pela batata-doce, que fornece carboidrato, e pelo grão-de-bico, rico em proteína.”

Também pesou para a escolha dos dois vegetais, segundo o pesquisador, o fato de o Brasil contar com um amplo banco de germoplasma (amostra de materiais genéticos) dessas culturas. “Um dos grandes desafios da agricultura no espaço é o efeito mutagênico [capaz de mudar o DNA da planta] causado pela radiação cósmica. Vamos submeter uma vasta gama de material genético a essas radiações e identificar as plantas mais tolerantes.”

Outra restrição para o cultivo no espaço é a ausência de fontes abundantes de água, oxigênio e nutrientes. Para superar essa barreira, os pesquisadores terão de selecionar plantas com



Embrapa pretende desenvolver novos cultivares de grão-de-bico e batata-doce adaptados ao ambiente espacial de microgravidade

Astronauta Kayla Barron trabalha em um experimento do projeto Veggie no espaço

alta eficiência no uso de água, luz, nitrogênio e demais nutrientes. Uma das questões é descobrir qual o substrato ideal para que as plantas cresçam. “Como o solo lunar é muito pobre, pensamos em hidroponia [cultivo em água], aeroponia [com as raízes das plantas suspensas] e até na fertilização com microrganismos ou matéria orgânica”, destaca o pesquisador da UFPel, especialista em fisiologia do estresse em plantas. Ainda não há respostas. “Uma coisa é certa: os cultivares não poderão demandar muitos nutrientes.”

Responsável pelo Laboratório de Cognição e Eletrofisiologia Vegetal da UFPel, Maia normalmente emprega a soja como modelo em seus experimentos. No projeto, sua função será estabelecer os parâmetros fisiológicos para entender como os vegetais podem se comportar nas condições limitantes do espaço e, assim, ajudar na seleção dos materiais genéticos mais adequados. O grupo também buscará desenvolver uma tecnologia de interface planta-computador para monitorar a distância os cultivos em tempo real, fazer diagnósticos com o uso de inteligência artificial e criar um sistema automático de manejo.

“É como se a própria planta fosse se ajustando ao ambiente sem interferência humana direta”, explica Maia. “Já temos um protótipo no qual sensores coletam os sinais bioelétricos das plantas, de forma análoga a um eletrocardiograma. Com esses dados, é possível fazer um diagnóstico do

estado fisiológico do vegetal. Sabemos se está faltando água e nutrientes ou se ele tem alguma doença”, explica. Com a futura interface planta-computador, os pesquisadores poderão fazer intervenções a distância no espaço, resolvendo um problema sem a necessidade de um astronauta manipular diretamente o cultivo.

Em artigo publicado em 2021 na revista *Frontiers in Sustainable Food Systems*, a equipe de Maia mostrou como ocorre a comunicação interna das plantas em uma reação a estresse. No experimento detalhado no trabalho, eles conseguiram detectar sinais elétricos enviados pelo fruto (no caso, tomate) ao restante da planta quando era atacado por lagartas.

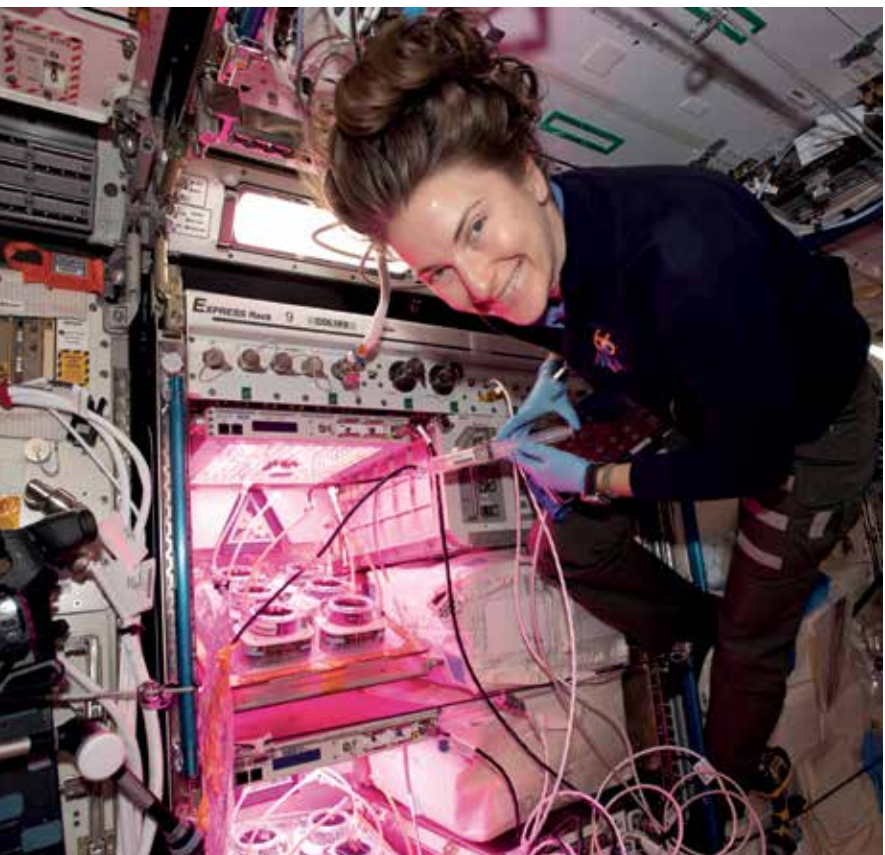
Os pesquisadores colocaram eletrodos nas hastes que sustentam o tomate e perceberam diferenças nas atividades elétricas de frutos que sofreram danos. Também foram constatadas alterações na análise bioquímica dos frutos e das folhas das plantas atacadas. “Não podemos fazer uma associação direta do sinal elétrico gerado no fruto com a resposta observada, mas é provável que isso esteja ligado a outras formas de sinalização de herbivoria [ataque de algum animal] já estabelecidas”, escrevem os autores no texto. Eles concluíram que o estudo “pode contribuir para uma colheita e uma produção de alimentos mais sustentáveis”.

EXPERIMENTOS NO ESPAÇO

Parte dos experimentos da recém-formada rede brasileira deverá ocorrer nas universidades e nos centros de pesquisa usando equipamentos como um clinostato adaptado, aparelho que simula condições de microgravidade ou ausência de gravidade. Os pesquisadores preveem que em algum momento serão realizadas experiências na ISS ou em alguma nave fora da Terra.

Para tanto, poderão contar com a experiência do engenheiro-agrônomo Wagner Vendrame, do Departamento de Horticultura Ambiental da Universidade da Flórida, que também participa da rede. Especialista em produção e conservação de plantas ornamentais usando técnicas de criopreservação e micropropagação, Vendrame já teve cinco de seus experimentos enviados ao espaço, em colaborações com a Nasa a partir de 2007.

Quatro deles foram com o pinhão-manso. “Queríamos ver como a microgravidade afetava a expressão de certos genes. Demonstramos que alguns são ativados, se expressam mais, e outros são reprimidos. Certas mudanças foram permanentes”, observa Vendrame, formado na Universidade de São Paulo (USP). “Ao chegar ao espaço, a planta percebe que está em um ambiente de estresse e começa a ligar e desligar ‘interruptores’



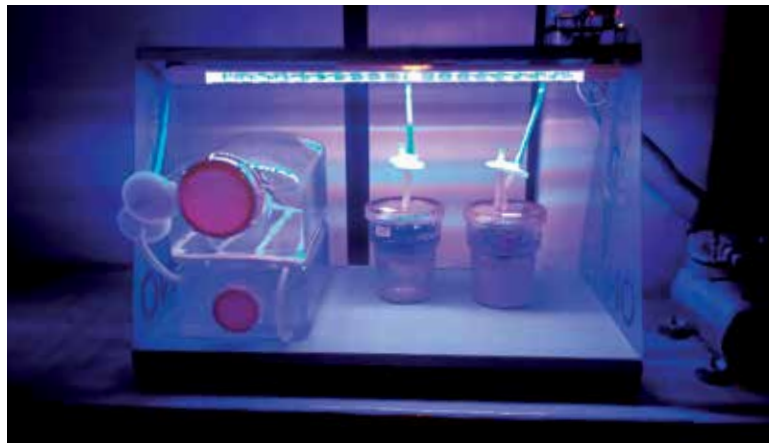
para ver se consegue alcançar equilíbrio e sobreviver. Ela passa a produzir proteínas relacionadas a estresse abiótico, que nesse caso é falta de gravidade e radiação. No fim, fica mais tolerante a estresse.”

Previendo novos estudos em microgravidade com o pinhão-manso, Vendrame e colegas sequenciaram e anotaram possíveis marcadores no genoma da planta. “O ambiente de microgravidade tem características únicas que permitem estudos sobre os seus efeitos na estrutura celular e na fisiologia das plantas”, afirmam Vendrame e colegas em artigo publicado no periódico *International Journal of Genomics*, em 2017. “Mutações induzidas pela microgravidade podem ser exploradas em uma nova abordagem para o cultivo de plantas ao combinar biologia espacial com tecnologia de cultivo agrícola”, escreveram os autores no artigo.

No primeiro experimento em colaboração com a Nasa, Vendrame enviou à estação internacional células de *Arabidopsis thaliana*, uma das espécies vegetais mais usadas em pesquisas científicas, de ipê-branco, de flamboyant e de orquídea. “No espaço, em um ambiente de microgravidade, percebemos que as células se aglutinam e formam uma estrutura tridimensional, enquanto aqui na Terra elas se espalham de forma mais bidimensional”, diz o pesquisador.

Eles partiram da ideia de que essas células são semelhantes às células-tronco humanas, pois teriam toda a informação genética para gerar uma planta inteira, e não apenas uma parte dela, como raiz ou parte aérea. “Queríamos demonstrar com células de plantas, mais fáceis de manipular, o conceito de que elas crescem em um formato mais tridimensional no espaço”, conta. Segundo ele, isso abriria a possibilidade de, no futuro, criar órgãos humanos para transplante a partir do cultivo no espaço de algumas células.

Cultivo *in vitro* com espectro de luz azul, feito em laboratório da USP, com o objetivo de reduzir o metabolismo da planta



Outro brasileiro que trabalha com plantas ornamentais e participará das pesquisas sobre agricultura no espaço é o engenheiro-agrônomo Paulo Hercílio Viegas Rodrigues, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), da USP. Em 2021, ele coordenou uma equipe em um desafio internacional proposto pela Nasa e pela Agência Espacial Canadense cujo objetivo era produzir, em 2 metros cúbicos, alimento fresco em uma hipotética viagem a Marte.

O grupo utilizou dados obtidos de três linhas de pesquisa anteriores que ainda seguem em desenvolvimento: uma sobre o espectro de luz azul em cultivos *in vitro*, que reduz o metabolismo de algumas plantas e tem propriedade antioxidante; outra sobre a produção de morangos em jardins verticais *indoor*; e uma terceira sobre o D-limoneno, um solvente biodegradável que tem características fungicidas e inseticidas e, ao mesmo tempo, aumenta o teor de carotenoide da planta.

O projeto da equipe, usando morango e taioba, foi selecionado entre os 10 melhores da competição. “O banco de germoplasma compacto, um equipamento que criamos para testar diferentes espectros de luz na taioba, será patenteado”, conta Rodrigues. “O interessante é que, com isso, não é preciso levar as plantas ao espaço para testar. Estamos acabando de construir nosso próprio clinostato 3D, que produz o efeito de microgravidade, permitindo a realização dos ensaios aqui mesmo.”

BUSCA POR RECURSOS

Por enquanto, não há nenhum recurso específico da AEB voltado à empreitada da rede brasileira. Segundo o matemático Rodrigo Leonardi, diretor de Gestão de Portfólio da agência, após o estabelecimento do protocolo de intenções, há tratativas avançadas com a Embrapa para celebrar um acordo de cooperação técnica de modo que se faça um desembolso para apoiar o início dos trabalhos. “Vamos garantir os investimentos mínimos com recursos próprios da AEB, mas isso não será suficiente”, diz. Ele afirma que a agência gostaria de investir R\$ 20 milhões nos próximos quatro anos no projeto de agricultura espacial.

Os pesquisadores que integram a rede focada em agricultura espacial afirmam que, uma vez firmado o acordo de cooperação com a AEB e detalhadas as etapas de execução do projeto e o roteiro de ações, os parceiros pretendem solicitar apoio a agências de fomento, empresas e até mesmo outros setores do Executivo e Legislativo. Para o segundo semestre, eles planejam a realização de um congresso sobre agricultura espacial, em local ainda a ser definido. Será o primeiro do gênero no Brasil. ■

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

MAIS STARTUPS NO CAMPO

Levantamento da Embrapa registra evolução de empresas agrícolas ligadas à sustentabilidade e aumento expressivo de agtechs na região Norte

Sarah Schmidt

Plantação de amendoim em São Paulo tratada com o fertilizante à base de arbolina, da Krilltech

Empresas que oferecem aos produtores rurais técnicas agropecuárias ambientalmente mais amigáveis, como as que permitem a redução do uso de agrotóxicos, estão se expandindo no Brasil. No “Radar Agtech Brasil 2023”, mapeamento anual da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o número de startups ligadas à biodiversidade e sustentabilidade foi de 37 para 83, as da categoria controle biológico e manejo integrado de pragas passaram de 36 para 45 e as de segurança e rastreabilidade de alimentos de 13 para 21, desde o levantamento anterior, de 2022 (ver Pesquisa FAPESP nº 325).

“Há um movimento global de busca de práticas que incentivem a sustentabilidade e a conservação ambiental”, diz o administrador de empresas Cleidson Dias, da Embrapa, coordenador da publicação. Lançado no final de 2023, o relatório mapeou 1.953 empresas de base

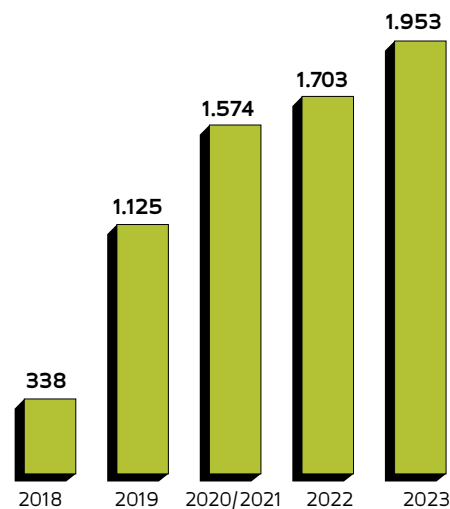
tecnológica dedicadas à agropecuária, também chamadas de agtechs. Foram registradas 250 novas empresas, um aumento de 14,7% em relação a 2022.

“Verificamos um crescimento contínuo das agtechs no Brasil, apesar das dificuldades para obter financiamento, algo que ocorre no mundo todo”, observa o engenheiro mecânico Felipe Guth, sócio-diretor do fundo de investimento SP Ventures, corresponsável pela elaboração do “Radar 2023”.

As agtechs da América Latina receberam US\$ 1,7 bilhão de investimentos em 2022, 39% a menos do que em 2021, segundo o relatório “Latin America Agri-FoodTech Investment Report 2023”, elaborado pela AgFunder, empresa norte-americana de capital de risco, e pela SP Ventures. A queda registrada em 2022, explica Guth, deu-se em razão de mudanças no cenário macroeconômico global e das diversas ondas da pandemia de Covid-19 ocorridas naquele ano, que afetaram os investimentos em startups

CRESCIMENTO SUSTENTADO

Número de startups do setor agropecuário identificadas pelo Radar Agtech cresceu quase seis vezes desde 2018



FONTE: RADAR AGTECH 2019, 2020/2021, 2022 E 2023

de todos os setores. De acordo com o relatório, citado no levantamento da Embrapa, o Brasil foi destino de 45% dos investimentos em 2022, o equivalente a US\$ 765 milhões.

Uma das startups ligadas à área de manejo biológico, a Gênica, criada em 2015 em Piracicaba, no interior paulista, pretende lançar dois produtos neste ano. O primeiro é uma solução com uma nova cepa da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens*, que, de acordo com testes feitos pela empresa, é capaz de reduzir em até 80% as manchas foliares causadas por fungos em soja, milho, algodão e feijão, entre outras plantas, contribuindo para o manejo sustentável de doenças em culturas agrícolas.

O segundo é uma solução com a bactéria *Priestia megaterium*, validada com apoio do pesquisador Fernando Andreote, professor da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq-USP), que favorece a disponibilidade de água para as plantas e aumenta a eficiência de uso de fósforo e nitrogênio. “Os resultados no campo

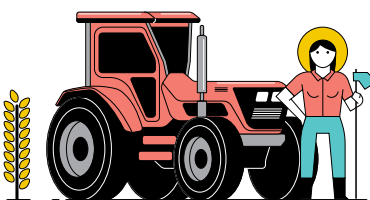
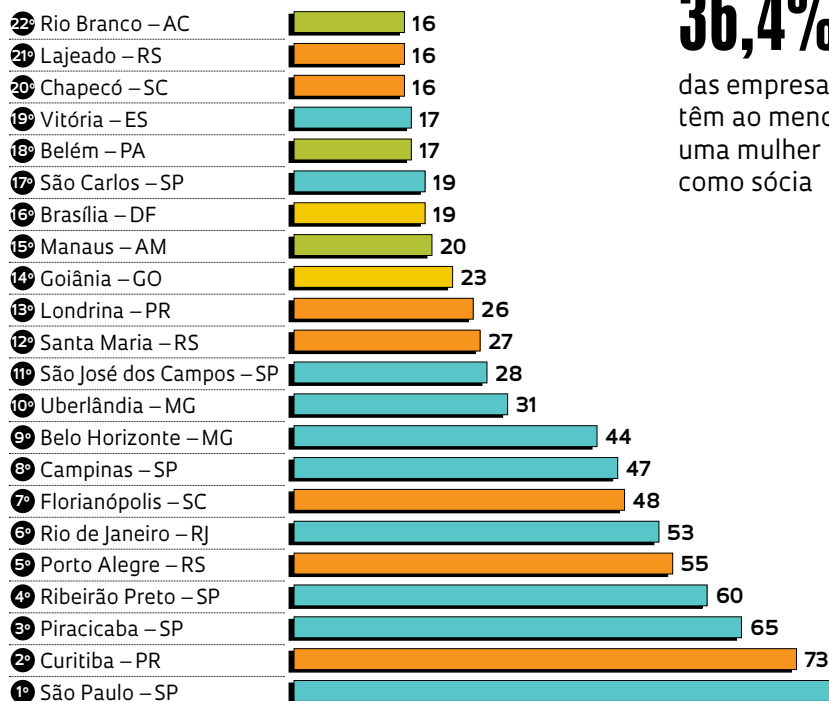


Copo feito de resíduos do processamento de açaí (ao lado) e mandioca, da Bioplazon



CIDADES COM MAIS STARTUPS AGRÍCOLAS

São Paulo, Curitiba e Piracicaba abrigam 26% das agtechs brasileiras



36,4%

das empresas têm ao menos uma mulher como sócia

foram promissores durante veranicos [períodos quentes e secos que podem ocorrer no outono e no inverno] de até 20 dias”, diz o engenheiro-agrônomo Marcos Petean, presidente da empresa.

Metade (56,9%) das agtechs brasileiras está na região Sudeste, como a Gênica, mas foi no Norte que elas mais se expandiram: passaram de 28 para 116 empresas identificadas. Em 2023, a participação dessa região no total de empresas saltou de 1,5% para 5,9%, superando o Centro-Oeste (5,8%) e o Nordeste (5,2%) (*ver infográfico na página ao lado*).

“Uma parceria com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas [Sebrae] permitiu que a equipe da Embrapa levantasse mais startups ativas que podem não ter sido mapeadas em anos anteriores”, explica Dias. Segundo ele, o crescimento no número de agtechs na região Norte pode ser também o resultado de programas como o Inova Amazônia, do Sebrae, que oferece mentorias e bolsas para que o empreendedor se dedique ao desenvolvimento de sua startup – o valor pode chegar a R\$ 39 mil para um período de seis meses.

A Bioplazon, de Manaus, no Amazonas, foi uma das empresas mapeadas pelo “Radar 2023” e selecionadas no edital de 2022 do Inova Amazônia. Criada por ex-alunos da Universidade Federal do Amazonas (Ufam), ela desenvolveu uma espuma rígida feita de resíduos do processamento da mandioca e do açaí para

ONDE ESTÃO AS AGTECHS DO PAÍS

Estados do Sudeste concentram mais da metade das empresas

116

Norte

- 29 Pará
- 23 Amazonas
- 19 Tocantins
- 16 Acre
- 15 Amapá
- 7 Rondônia
- 7 Roraima

103

Nordeste

- 33 Bahia
- 20 Ceará
- 20 Pernambuco
- 14 Maranhão
- 5 Paraíba
- 5 Rio G. do Norte
- 4 Piauí
- 2 Sergipe

114

Centro-Oeste

- 39 Mato Grosso
- 35 Goiás
- 21 Mato Grosso do Sul
- 19 Distrito Federal

1.112

Sudeste

- 845 São Paulo
- 169 Minas Gerais
- 71 Rio de Janeiro
- 27 Espírito Santo

508

Sul

- 194 Rio G. do Sul
- 182 Paraná
- 132 Santa Catarina

FONTE: RADAR AGTECH 2023

produzir copos de bioplástico. “Criamos um processo que separa o amido, a fibra e a celulose da massa da mandioca e as fibras dos caroços de açaí [ver Pesquisa FAPESP nº 323]”, conta o químico Igor Araújo Pinto, diretor da empresa. “Aproveitamos até 80% dos resíduos, fornecidos por produtores rurais próximos a Manaus.”

Instalada na Incubadora de Bionegócios e Tecnologias da Amazônia (in-BioTa), a Bioplazon prepara um teste de mercado com um protótipo de copos

para café ou sorvete de 50 mililitros (mL) e 200 mL. Eles serão oferecidos aos visitantes do aquário marinho do Rio de Janeiro. Se o resultado for positivo, Pinto pretende começar a vender os copos ainda este ano.

DESTINO DE NOVOS INVESTIMENTOS

O “Radar Agtech 2023” identificou três grupos de empresas que devem atrair investimentos no futuro próximo: as agfintechs, que oferecem serviços de crédito e facilitam a criação dos chamados market-

places, plataformas digitais que reúnem produtores e compradores; as climatechs, que criam tecnologias capazes de reduzir a emissão dos gases de efeito estufa; e as agbiotechs, voltadas a produtos biológicos que ajudam no combate a pragas e aumentam a produtividade.

A Krilltech, assim como a Gê-nica, é uma agbiotech. A empresa foi criada no Distrito Federal por pesquisadores da Universidade de Brasília (UnB) e da Embrapa e produz fertilizantes à base de arbolina, uma nanopartícula que estimula a fotossíntese. Composta principalmente de carbono, nitrogênio e hidrogênio, a nanopartícula age no metabolismo primário das plantas, incentivando a produção de energia.

“Em testes com alface, tomate e pimentão na Embrapa Hortaliças, a arbolina levou a um aumento de produtividade de até 20%”, relata o químico Marcelo Oliveira Rodrigues, da UnB, diretor da startup. “Utilizar a tecnologia em estágios iniciais da cultura permitirá que as plantas se desenvolvam de forma mais robusta e, conseqüentemente, se tornem mais resistentes às variações do ambiente”, observa Rodrigues. A patente da tecnologia é dividida entre a startup, a Embrapa e a UnB.

O levantamento da Embrapa registrou também um aumento no número de empresas com ao menos uma mulher como sócia, segundo dados fornecidos pelo Sebrae. A participação feminina passou de 28,7% em 2022 (520 startups) para 36,4% (711) em 2023, mas ainda não há uma análise ampla sobre esse aumento.

“No cenário de investimentos e programas para mulheres empreendedoras, diversas iniciativas têm surgido para fornecer suporte financeiro e capacitação”, analisam os autores no levantamento. A criação de fundos de capital de risco para startups lideradas por mulheres, além de prêmios, encontros e grupos organizados focados na participação feminina no agro, também são iniciativas destacadas no documento. ■

A referência completa do relatório consultado para esta reportagem está na versão on-line.



MINERAÇÃO

O DESAFIO DOS REJEITOS

Mina de produção de minério de ferro da Vale, em Minas Gerais



Mineradoras, startups e universidades buscam novos usos para resíduos gerados no processo de extração

Suzel Tunes e Yuri Vasconcelos

Dois monumentais vazamentos de resíduos de mineração no estado de Minas Gerais – um de 34 milhões de metros cúbicos (m³) de uma barragem da Samarco em Mariana, em 2015, e outro de 12 milhões de m³ da Vale em Brumadinho, em 2019 – obrigaram mineradoras e motivaram startups e universidades a acelerar a procura por novos usos e destinações dos rejeitos da extração, principalmente de minério de ferro. Anos depois, resultados, ainda tímidos, começam a aparecer na forma de telhas, tijolos, pavimentos, madeira plástica e fertilizantes para agricultura produzidos à base de rejeitos minerais.

A busca por alternativas foi impulsionada pela aprovação de uma lei federal, de nº 14.066, em 2020, que proíbe a instalação de barragens de rejeitos a montante, como as que se romperam em Mariana e Brumadinho. Erguida com diques de contenção apoiados em camadas sobrepostas de resíduos, esse tipo de barragem é mais simples e de menor custo, mas também mais vulnerável a rupturas.

Para o engenheiro de produção Bruno Milanez, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), uma possibilidade é usar esse material para cobrir as cavidades formadas pela mineração, o chamado *backfilling*. “Trata-se de um método mais sofisticado e de custo mais alto que as barragens de contenção de rejeitos, mas traz maior segurança e aumenta a possibilidade de recuperação da área explorada”, comenta.

A técnica foi adotada a partir do final dos anos 1990 na exploração de prata, chumbo, ferro, carvão, ouro, zinco e cobre em países como Austrália, China, Estados Unidos e Canadá. Sua grande vantagem é prover mais estabilidade a minas subterrâneas. A desvantagem é que, se não for bem-feita, pode contaminar reservatórios de água no subsolo. E precisa ser bem planejada para não atrasar a mineração.

Outro método já em uso é o empilhamento a seco dos resíduos, após retirada da umidade.

Antes de adotá-lo, a mineradora deve elaborar um projeto técnico que leve em conta a topografia do terreno, a capacidade de armazenamento e a segurança do ambiente. Embora mais segura do que as barragens de rejeitos, explica Milanez, a técnica não é isenta de risco. “Em janeiro de 2022, uma pilha desse tipo da mineradora Vallourec desabou dentro de um dique de contenção de água localizado perto dela. A água transbordou, invadiu e interditou por dois dias a rodovia BR-040, que liga Minas Gerais ao Rio de Janeiro”, relata o especialista.

40% DA PRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior fornecedor mundial de minério de ferro, com uma produção bruta anual de quase 600 milhões de toneladas (t), dos quais 430 milhões de t foram beneficiados, segundo o *Anuário Mineral Brasileiro*, de 2022. Beneficiamento é a etapa de remoção de impurezas e de concentração do teor de ferro no minério.

Do peso total de minério beneficiado, os rejeitos – essencialmente areia, óxidos e hidróxidos de ferro não retidos nessa etapa – podem representar uma proporção variável de até 40%, de acordo com a qualidade da matéria-prima e a eficiência do processo de beneficiamento. O Brasil gera por ano entre 86 milhões e 172 milhões de t de rejeitos da produção de ferro.

Maior mineradora do país, a Vale foi responsável pela produção de 321,2 milhões de t de minério de ferro em 2023, sendo que o volume de rejeitos atingiu 48,6 milhões de t, o equivalente a 15% do total. “Desde 2014, investimos em pesquisa no Brasil para encontrar soluções para o reaproveitamento da areia proveniente do processamento do minério de ferro com o objetivo de reduzir a geração de rejeitos”, informa Tatiana Teixeira, gerente de Novos Negócios da empresa.

Em 2020, a mineradora inaugurou uma fábrica de blocos que utiliza como matéria-prima a areia gerada no processo de extração. “Desde 2021, foi destinado ao setor da construção civil e a projetos de pavimentação rodoviária cerca de 1,9 milhão

de toneladas do produto”, diz Teixeira. No ano passado, a Vale criou uma empresa, batizada de Agera, para comercializar e distribuir a areia, chamada pela empresa de sustentável.

A mineradora investiu US\$ 24 milhões nos últimos 10 anos em pesquisa e desenvolvimento de soluções para reaproveitamento de rejeitos de minério de ferro. Entre 2019 e 2021, ela destinou US\$ 1,2 bilhão a sistemas de filtragem e empilhamento a seco. Em 2023, as receitas líquidas da empresa somaram US\$ 41,78 bilhões.

A Samarco gerou cerca de 20 milhões de t de rejeitos no ano passado. Segundo o especialista em inovação da Samarco Marcos Gomes Vieira, desde dezembro de 2020 a empresa investe em tecnologias para uma mineração mais segura e que agrida menos o ambiente. “Temos sistemas de filtragem que permitem o empilhamento a seco de até 80% dos rejeitos”, afirma. A mineradora também tem desenvolvido projetos para o futuro próximo, entre eles um que busca o emprego de parcela do rejeito arenoso como insumo para fabricação de concreto.

NOVA TECNOLOGIAS NO MERCADO

Apesar das possibilidades de aproveitamento, no Brasil, bem como em outros países, uma parcela ínfima dos rejeitos de mineração está se transformando efetivamente em produto. “A partir das pesquisas feitas nos últimos anos, temos tentado levar novas tecnologias [que utilizam rejeitos de mineração] ao mercado”, conta o químico Rochel Montero Lago, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e coordenador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) para a Valoração de Resíduos e Materiais Renováveis (Midas), criado em 2017.

No ano seguinte, a fim de conectar o conhecimento acadêmico às empresas, a UFMG e o Centro de Inovação e Tecnologia do Serviço Nacional da Indústria (Senai) de Belo Horizonte criaram, com apoio financeiro do INCT Midas, o Centro de Escalonamento de Tecnologias e Modelagem de Negócios (Escalab), também sob coordenação de Lago.

Uma das iniciativas nessa área é conduzida pela empresa mineira Geeco Materiais e Engenharia, criada em 2019. “Tivemos apoio da universidade e de vários professores durante o processo de desenvolvimento”, conta a química Caroline Prates, atual diretora de Tecnologia do empreendimento.

O projeto da Geeco – a produção e instalação experimental de blocos e revestimentos com rejeitos – foi um dos destaques do e-book *Práticas em circularidade no setor mineral*, uma coletânea de projetos apoiados pelas mineradoras publicada pelo Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram), em 2022. Nesse mesmo ano, a startup foi selecionada para participar do Mining Hub, programa de inovação aberta criado pelo Ibram e pelas mineradoras em 2019, que reúne grandes empresas do setor, companhias fornecedoras e startups.

Sediada em Pedro Leopoldo (MG), a Geeco faz projetos com mineradoras e construtoras para reaproveitamento de resíduos, transformados em materiais chamados geopolímeros. Uma de suas aplicações é substituir em até 100% o cimento comum portland, com redução da emissão de gás carbônico em comparação com o cimento tradicional.

Carregamento de areia recuperada de rejeitos minerais no centro de distribuição da Agera (ao lado); fábrica de blocos da Vale que usa como matéria-prima a areia gerada no processo de extração



Plantio experimental de taboa para descontaminação do solo na foz do rio Doce (ES)



Na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq-USP), a equipe liderada pelo engenheiro-agrônomo Tiago Osório Ferreira pesquisa potenciais usos dos rejeitos de mineração na agricultura. Um de seus projetos avalia a utilização de resíduos de mineração de ferro como matéria-prima para elaboração de condicionadores de solos, também chamados de *soil amendments*. Diferentemente dos corretivos, os condicionadores não visam apenas o fornecimento de nutrientes, mas melhoram a capacidade do solo de reter água, matéria orgânica e nutrientes, facilitando o crescimento das plantas.

Quando contaminados, os rejeitos de mineração podem ser um risco para o ambiente. Em busca de formas para remediar a contaminação do rio Doce decorrente da liberação de rejeitos após o rompimento da barragem de Fundão, da Samarco, uma integrante do grupo da Esalq, a engenheira-agrônoma Amanda Duim Ferreira, em sua pesquisa de doutorado, concluída em 2024, verificou que a planta taboa (*Typha domin-*

gensis) colonizou parte da região e tem potencial para descontaminação do solo, como detalhado em artigos publicados na *Journal of Hazardous Materials* em abril de 2022 e na *Journal of Cleaner Production*, em setembro de 2022. Com base nos resultados, o grupo da Esalq cultivou a taboa sobre rejeitos de mineração e verificou um aumento na remoção de ferro.

Graduado em direito, Ottavio Carmignano, sócio da mineradora Pedras Congonhas, de Nova Lima, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, encontrou 95 patentes relacionadas ao aproveitamento de rejeitos de minério de ferro, depositadas no Brasil e em países com tradição em mineração, como detalhado em um artigo de outubro de 2021 na revista científica *Journal of the Brazilian Chemical Society*. “A maioria dos projetos está em fase preliminar, em escala de laboratório”, observa. Um dos gargalos, lembra Carmignano, é o logístico: a distância entre as minas e os mercados consumidores poderia encarecer os produtos feitos à base de rejeitos.

Outro é o preço. “A madeira plástica, feita com rejeitos de barragens, que estudei no meu doutorado sobre inovação tecnológica, pode durar até 100 vezes mais que a madeira comum. No entanto, como é 10 vezes mais cara, por causa do processo de produção, o mercado não aceita, pois está sempre procurando o menor preço.”

Milanez, da UFJF, reconhece a importância de iniciativas que buscam transformar rejeitos minerais em produtos. O engenheiro pondera que, como os novos produtos não serão suficientes para absorver a enorme quantidade de resíduos produzidos e já estocados nas barragens, ainda é necessário produzir menos resíduos e tornar mais seguro o material que não será transformado em outros produtos. ■

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



FÁRMACOS DO LEITE TRANSGÊNICO

Cabras, vacas e coelhas geneticamente modificadas produzem medicamentos de uso humano

Carlos Fioravanti

Em um artigo científico publicado em março deste ano na revista *Biotechnology Journal*, pesquisadores das universidades de São Paulo (USP), do Norte do Paraná (Unopar) e de Illinois, nos Estados Unidos, mostraram que uma vaca transgênica que eles desenvolveram havia produzido leite contendo insulina humana. O hormônio controla os níveis de glicose no sangue, essencial para quem tem diabetes. O trabalho, uma prova de conceito, não prosseguiu, mas alimenta a possibilidade, já indicada por outros grupos de pesquisa, de produzir medicamentos de uso humano na glândula mamária de vacas, cabras e coelhas modificadas geneticamente (ver infográfico na página 80).

Ainda não há fármacos desse tipo produzidos no Brasil. No exterior, a Agência de Medicamentos da Europa (EMA) e a Food and Drug Administration (FDA), órgão que regula alimentos e remédios nos Estados Unidos, aprovaram em 2006 e 2009, respectivamente, o primeiro me-

dicamento do gênero, uma antitrombina humana recombinante. Produzida em leite de cabras transgênicas pela farmacêutica norte-americana LFB Biotechnology, ela é indicada para pessoas com deficiência hereditária da proteína anti-trombina. Essa molécula inibe a coagulação do sangue e reduz o risco de obstrução dos vasos sanguíneos e de infarto.

Outra proteína recombinante humana, extraída do leite de coelhas transgênicas, foi aprovada para venda na Europa em 2012 e nos Estados Unidos em 2014. Produzido pela empresa holandesa Pharming Group e pela norte-americana Salix Pharmaceuticals, o medicamento é indicado para a forma hereditária de angioedema, doença rara causada pela deficiência na produção de uma proteína do sangue chamada inibidor da enzima esterase C1.

Mais recentemente, em 2020, a FDA aprovou uma proteína, também da LFB, que ajuda a coagulação sanguínea. Ela é produzida em glândulas mamárias de coelhas transgênicas. Além desses três medicamentos já lançados no mercado,

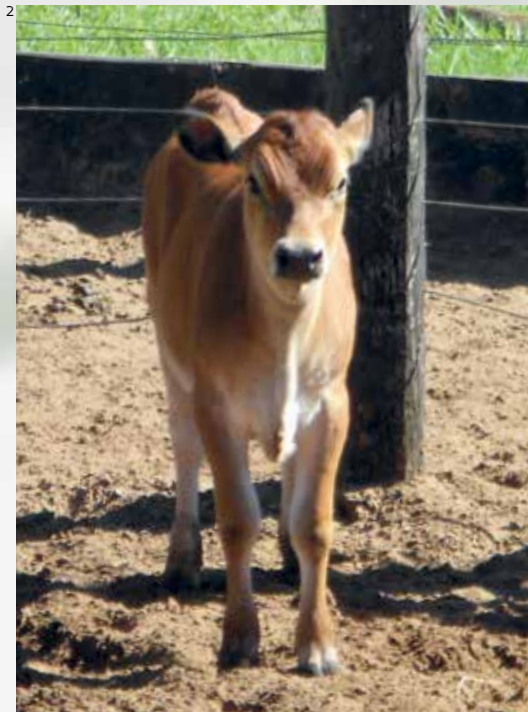
várias outras proteínas de uso humano foram produzidas experimentalmente em animais, inclusive no Brasil.

A história do leite transgênico brasileiro contendo insulina humana começou em 2008, na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da USP, *campus* de Pirassununga. Lá, o veterinário Flávio Meirelles e o biólogo Paulo Monzani começaram a preparar um tipo de cromossomo artificial (plasmídeo) utilizando o gene que poderia ativar, inicialmente, a produção do fator IX de coagulação humana. O plasmídeo foi colocado em um vírus, que se incorporou ao DNA de um fibroblasto, tipo de célula que aceita materiais estranhos com relativa facilidade. O fibroblasto modificado geneticamente se fundiu com uma célula reprodutiva feminina, chamada de ovócito, sem núcleo, e o embrião que começou a se formar foi então transferido para o útero de uma vaca. Em 1996, um processo semelhante gerou a ovelha Dolly, o primeiro animal clonado a partir de uma célula adulta de outra ovelha.

Duas bezerras geneticamente modificadas para o fator IX de coagulação humana nasceram em 2010, mas morreram logo depois. Em seguida, Meirelles e Monzani começaram a trabalhar com o grupo do veterinário Otavio Mitio Ohashi, da Unopar, para produzir vacas transgênicas capazes de formular fármacos como a insulina humana. Na Unopar, Monzani construiu outros plasmídeos, entre eles os da insulina, incorporados por fibroblastos de uma vaca da raça jersey.

“Diversas transferências de embrião não vingaram”, conta Meirelles. “A clonagem tem baixa eficiência.” Após várias tentativas, uma vaca com o gene da pró-insulina humana nasceu em 2014 e cresceu em uma fazenda do interior do Paraná, do proprietário da Unopar, Marco Laffranchi (1936-2015). Como não engravidava, mesmo após se tentar diferentes técnicas reprodutivas, o animal passou por uma indução hormonal da lactação e produziu leite com insulina humana. Um imprevisto, entretanto, interrompeu a pesquisa: “A vaca morreu no pasto, possivelmente picada por uma cobra, em 2022”, lamenta Monzani.

Sem financiamento, a investigação parou, mas Meirelles continua convencido de que as glândulas mamárias de vacas, cabras e outros animais de criação podem ser um ótimo ambiente – ou biorreator, na linguagem mais formal – para a produção de medicamentos de uso humano: “A proporção de proteínas transgênicas no leite é da ordem de gramas por litro, um rendimento muito maior do que o das técnicas convencionais”.



A vaca cujo leite continha insulina humana

Pesquisas interrompidas são comuns nesse campo. Um grupo da empresa argentina Biosidus anunciou em 2007 o nascimento de quatro vacas da raça jersey capazes de produzir leite com insulina humana (ver Pesquisa FAPESP nº 147). Na época, comentou-se que bastariam 25 vacas para abastecer toda a demanda dos argentinos por insulina, que poderia ter um preço pelo menos 30% menor que a produzida por outras técnicas. Passados 17 anos, não há mais notícias sobre esse programa da empresa – a reportagem de *Pesquisa FAPESP* tentou contato com os responsáveis, que não se manifestaram.

O que se sabe vem de um relatório sobre biotecnologia agrícola na Argentina publicado em dezembro de 2022 pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. “Embora existam regulamentações para a aprovação de animais geneticamente modificados, não há produção comercial na Argentina, nem para fins agrícolas, nem para pesquisa biomédica, produção farmacêutica ou produção de órgãos para transplante”, informa o documento. Ainda de acordo com o relatório, o interesse dos produtores por animais transgênicos diminuiu nos últimos anos, à medida que a legislação europeia proíbe a importação de animais ou produtos transgênicos.

Experimentalmente, o leite de vacas transgênicas serviu também para produzir hormônio de

crescimento humano, albumina, anticorpo monoclonal contra câncer e proteínas que facilitam a coagulação sanguínea. Em geral, os relatos, como os do grupo da USP, não informam o rendimento obtido, mas em 2014 pesquisadores da Universidade de Vermont, nos Estados Unidos, utilizando camundongos fêmeas transgênicas, obtiveram 8,1 gramas por litro (g/L) de insulina humana.

Desde os anos 1980, esse hormônio, fundamental para o controle do diabetes, é produzido por meio do cultivo de bactérias *Escherichia coli* geneticamente modificadas. Uma das poucas empresas no mundo que dominavam a técnica de produção de insulina por *E. coli* era a Biobrás, criada por pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Em 2001, ela foi comprada pela dinamarquesa Novo Nordisk e depois desativada. Os ex-diretores da Biobrás criaram a Biomm, que importa insulina (ver Pesquisa FAPESP nº 302). Atualmente, toda insulina consumida no Brasil é importada.

Por *E. coli*, o rendimento é de 0,009 g por litro de meio de cultura, de acordo com uma análise das técnicas de produção de insulina por microrganismos publicada em outubro de 2014 na revista *Microbial Cell Factories*. Outra comparação, na revista

CONSTRUINDO UMA FARMÁCIA ANIMAL

Animais transgênicos mostraram-se capazes de produzir proteínas de uso humano, a maioria ainda em fase de pesquisas

CABRAS

- Albumina (infecção)
- Anticoagulante
- Anticorpo antitumoral
- Enzima butirilcolinesterase (Alzheimer)
- Descarboxilase do ácido glutâmico (contra diabetes)
- Glucocerebrosidase (doença de Gaucher)
- Hormônio folículo-estimulante

VACAS

- Albumina (equilíbrio sanguíneo)
- Insulina (diabetes)
- Fibrinogênio (coagulação)
- Lactoferrina (infecção)

COELHAS

- Albumina
- Anticoagulantes
- Inibidor da enzima esterase C-1 (angioedema)
- Calcitonina (osteoporose)
- Proteína CFTR (Regulador de Condutância Transmembrana de Fibrose Cística)

OVELHAS

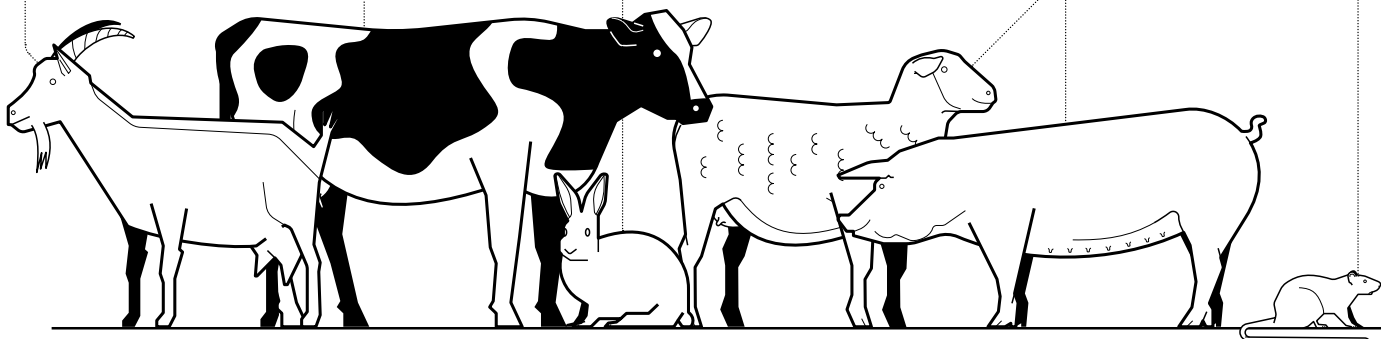
- Fibrinogênio
- Proteína C (trombose)

PORCAS

- Proteína C

RATAS

- Albumina
- Amilina (diabetes)
- Descarboxilase do ácido glutâmico (diabetes)
- Proteína CFTR
- Proteína principal da superfície de merozoítos (MSP-1) (malária)



FONTES: HUA, R. ET AL. JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY. 2021/ HUANG, H. ET AL. LIFE. 2024/ LEIVA, M. J. ET AL. JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY. 2021/ BERTOLINI, L. R. ET AL. TRANSGENIC RESEARCH. 2016/ MONZANI, P. S. ET AL. BIOTECHNOLOGY JOURNAL. 2024/ SHAKWEER, W. M. E. ET AL. JOURNAL OF GENETIC ENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY. 2023

FIOS DE SEDA PRODUZIDOS POR CABRAS

Leve, flexível e resistente, material poderia ser usado na fabricação de uniformes militares e cordas de raquetes

Glândulas mamárias de animais transgênicos não têm sido investigadas apenas para produção de fármacos. Em 2002, o leite de cabra serviu como ambiente para a fabricação de fios de seda, depois de pesquisadores da empresa canadense Nexia Biotechnologies implantarem no animal genes de aranha capazes de produzi-los. Também chamado de bioaço, esse material interessa por ser leve, flexível e mais resistente que os fios de aço, com aplicações potenciais em uniformes militares, suturas (costuras) cirúrgicas ou cordas de raquetes de tênis.

A empresa faliu em 2009, mas o biólogo molecular Randy Lewis, da Universidade de

Wyoming, nos Estados Unidos, continuou o trabalho e obteve 30 cabras transgênicas, mantidas em uma fazenda da Universidade Estadual de Utah, também nos Estados Unidos. De acordo com um comunicado da Universidade de Wyoming de outubro de 2023, apenas três de cada sete crias das cabras transgênicas possuem o gene da proteína. Sua experiência motivou a artista e empreendedora holandesa Jalila Essaïdi a criar, em 2011, uma empresa com o propósito de produzir roupas à prova de balas com fios de cabras transgênicas. Por enquanto, não há ainda um produto comercial.



As bobinas contêm fibras de seda de aranha produzidas por cabras

Transgenic Research de junho de 2016, observa que a mesma quantidade de proteína recombinante obtida do leite de animais de criação custaria oito vezes menos que por cultura de células de ovário de hamster chinês, a fonte da proteína desejada.

“Ainda que tenham bons resultados iniciais, muitos projetos param porque são demorados e caros”, reconhece a veterinária Maria Angélica Miglino, da Universidade de Marília (Unimar), no interior paulista. Ela não participou do projeto da USP, mas há cerca de um ano ganhou de Monzani uma amostra de células epiteliais de glândula mamária de vaca. Seu propósito é construir, em laboratório, uma glândula mamária artificial, apta tanto a produzir leite quanto a servir de modelo experimental para estudo de doenças animais e humanas. Esse trabalho faz parte do doutorado do veterinário moçambicano Fernando Chissico na Unimar, sob sua orientação.

“O grande problema das proteínas recombinantes produzidas pela glândula mamária de animais não é a tecnologia, mas a regulamentação”, comenta a bióloga brasileira Luciana Relly, diretora científica da C&L Biotech, uma empresa de consultoria de animais transgênicos nos Estados Unidos. “Um fármaco produzido por animais transgênicos também tem de cumprir todas as etapas de testes pré-clínicos e clínicos e, além disso, atender às exigências de produção, assegurando que os animais e as proteínas recombinantes estejam livres de qualquer contaminação.”

De 2006 a 2015, na Universidade de Fortaleza (Unifor), no Ceará, ela foi uma das coordenadoras da pesquisa que culminou com o nascimento de uma cabra transgênica capaz de produzir leite

com a enzima glucocerebrosidase, cuja deficiência causa a doença de Gaucher (*ver Pesquisa FAPESP nº 236*). Apesar de ter sido bastante noticiado e comemorado, o trabalho não avançou. “O governo federal preferiu negociar a transferência de tecnologia de produção de uma empresa de Israel, mas não avançou”, relata. Sem financiamento, o grupo da Unifor se desfez.

Relly transferiu-se para a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) em 2015. Cinco anos depois mudou-se para os Estados Unidos. A jornada a levou também a esta conclusão: “As glândulas mamárias são um excelente biorreator, principalmente para proteínas que não poderiam ser produzidas de outro modo, como o Atryn [nome comercial da antitrombina recombinante da LFB], difícil de fazer em células”.

Com o que aprenderam durante essa experiência, os pesquisadores que continuaram na Unifor, ex-alunos de pós-graduação dos coordenadores iniciais, ajudaram colegas da Universidade de Concepción, no Chile, a obter, a partir de leite de cabras, um anticorpo antitumoral, chamado de inibidor do fator de crescimento vascular endotelial (VEGF). Descrito em 2021 na revista científica *Journal of Biotechnology*, o processo reforça a possibilidade de implantar outras formas de produzir medicamentos de uso humano. ■

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

FOTOGRAFIA

AS EXPERIMENTAÇÕES DE GEORGE LOVE

O fotógrafo norte-americano que viveu no Brasil ajudou a trazer um novo olhar para a produção de imagens no país

Soraia Vilela

FOTO REPRODUÇÃO DOUGLAS CANJANI



“D

epois daquele trabalho para a [revista] *Realidade* [publicado em 1971], eu voltei para a Amazônia anualmente nos anos que se seguiram até 1975 e depois de novo em 1978. No final daquele ano, era programado sair um livro resultante dessas viagens. Na verdade, o livro surgiu de convicções sobre a natureza da fotografia e sobre a experiência na região, numa tentativa de conciliar ideias desses dois universos. A Amazônia era o tema, mas o objetivo era mostrar que uma foto não é uma representação fiel do assunto. O livro foi construído para traduzir essa tese, de que aquilo que a fotografia mostra é uma impressão da realidade, apenas minha impressão. [...] O livro nunca foi entendido. Também, simplesmente, ele foi banido, na época áurea da censura.”

O depoimento acima foi concedido pelo fotógrafo norte-americano George Love (1937-1995) ao fotógrafo e curador paulista Zé De Boni pa-

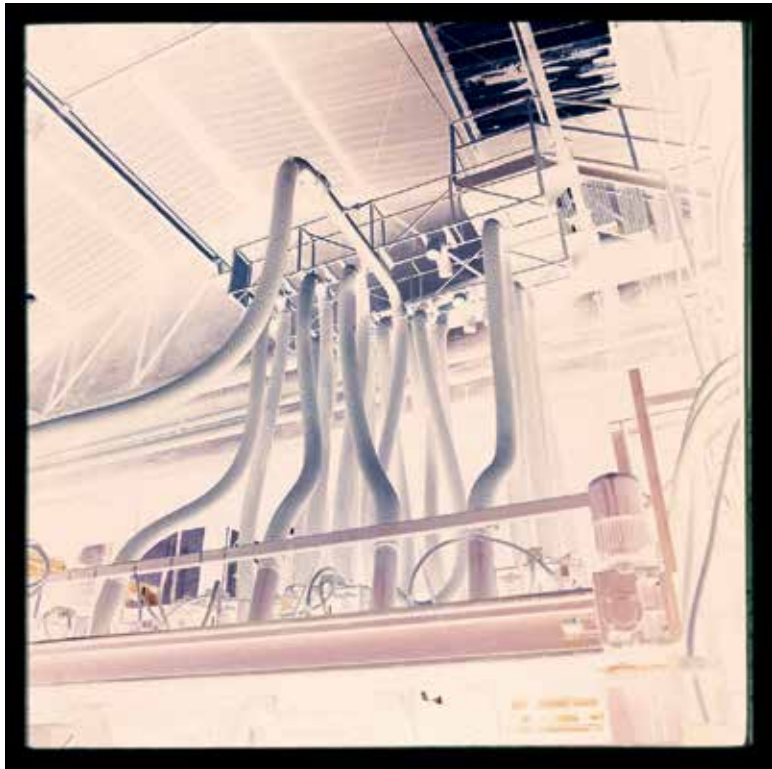
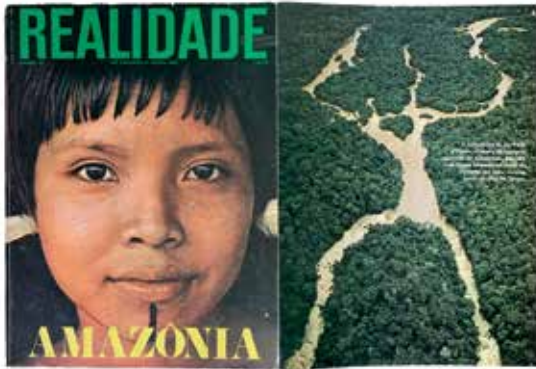
ra o livro *Verde lente: Fotógrafos brasileiros e a natureza* (Empresa das Artes, 1994). Love, que viveu no Brasil entre as décadas de 1960 e 1980, referia-se à *Amazônia* (Praxis, 1978), obra que assina com a fotógrafa Claudia Andujar e foi censurada pela ditadura militar (1964-1985), como relata o historiador Vitor Marcelino da Silva na tese de doutorado “A construção coletiva de *Amazônia*: Fotografia e política no livro de Claudia Andujar e George Love”, defendida em 2022 no Programa de Pós-graduação Interunidades em Estética e História da Arte da Universidade de São Paulo (USP).

“O texto do poeta Thiago de Mello [1926-2022], que trazia um tom de denúncia em relação à destruição da floresta, e as imagens das queimadas feitas por Love incomodaram os militares”, afirma Silva, cuja pesquisa sobre o livro ganhou o primeiro lugar na categoria Letras, Linguística e Artes da 12ª Edição do Prêmio Tese Destaque USP, entregue no final do ano passado. “E o tema da devastação da floresta foi cortado pelos censores.”



Uma das fotos de Love que integra *Amazônia* (1978), livro censurado pela ditadura militar

Ao lado, capa aberta do especial da revista *Realidade*, com retrato feito por Cláudia Andujar e aérea de Love. Abaixo, foto para catálogo de indústria, nos anos 1970. Na outra página, duas imagens de *Amazônia*



Com 162 páginas, *Amazônia* traz na primeira parte imagens aéreas feitas por Love, uma de suas marcas registradas, nos estados do Amazonas e Pará e nos então territórios de Roraima e Amapá. O outro bloco abriga uma sequência de fotos da etnia Yanomami, realizadas por Andujar. De acordo com Silva, o livro foi construído coletivamente e não deve ser visto como “um produto autoral no sentido tradicional do termo”, visto que envolve diferentes agentes. Além dos nomes de Love e Andujar, o historiador destaca o trabalho do editor Regastein Rocha (1935-2021), proprietário da Praxis e responsável pela execução do projeto.

A editora e gráfica, criada em 1977 e encerrada um ano depois, prestava serviços de publicidade, produção de impressos e brindes para a Sharp do Brasil. Aberta cinco anos antes, a empresa que atuava nos ramos de eletrodomésticos e informática era sediada em São Paulo e possuía fábricas na Zona Franca de Manaus. Seu proprietário, o

empresário gaúcho Matias Machline (1933-1994), tinha ligações com o regime militar, como aponta a tese, sendo próximo dos generais Ernesto Geisel (1907-1996) e João Baptista Figueiredo (1918-1999), os dois últimos presidentes da ditadura. “Entre outros negócios, Machline era sócio minoritário da Praxis”, acrescenta Silva. “Ele e Regastein se conheciam desde os anos 1960.”

Em 1978, a Praxis lançou quatro livros de fotografia: *Xingu*, de Maureen Bisilliat, *Fotografias*, de Otto Stupakoff (1935-2009), *Yanomami: Frente ao eterno*, de Andujar, e o já citado *Amazônia*. “O interesse de Regastein pela Amazônia ganhou corpo quando ele passou a viajar com frequência para a Zona Franca de Manaus na década de 1970, a serviço da Sharp do Brasil”, informa Silva. De acordo com o pesquisador, a empresa abrigava militares em seu quadro de funcionários, que viam o editor com desconfiança. “Regastein mantinha contatos com figuras proeminentes da resistência à ditadura, como o antropólogo Darcy Ribeiro [1922-1997]. Além disso, passou a convidar ex-presos políticos e exilados para trabalhar em campanhas publicitárias e publicações da editora”, prossegue o historiador.

Como registra a pesquisa, um desses militares iniciou estágio na Praxis a pretexto de aprender técnicas de impressão para serem aplicadas no Exército. “Mais tarde, Regastein descobriu que o estagiário estava espionando a produção de três livros: um deles organizado por Darcy Ribeiro sobre grupos indígenas brasileiros, outro sobre a presença da Igreja católica no Brasil, organizado pelo cardeal Agnelo Rossi [1913-1995], crítico à ditadura, e, por fim, *Amazônia*”, informa Silva.

Em 1978, os militares invadiram a Praxis e apreenderam todo o maquinário e material. Os dois primeiros livros, cuja produção se encontrava em estágio inicial, nunca saíram. Já *Amazônia* acabou sendo publicado, mas sem as fotos de Love das queimadas e também o ensaio escrito por Thiago de Mello, que havia sido exilado pelo regime em 1968. O editor foi interrogado e distribuiu a tiragem de cerca de 3 mil exemplares de forma discreta: o livro foi vendido em duas livrarias de São Paulo e em outra do Rio de Janeiro. Além disso, algumas cópias seguiram para o exterior. “A ideia inicial era ambiciosa. Regastein planejava fazer um lançamento internacional do livro, mas esse projeto não se concretizou”, conta o historiador, que durante a pesquisa entrevistou o editor e a mulher, Frances Rocha, professora aposentada do Departamento de História da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP).

FOTOS: 1 REPRODUÇÃO VITOR MARCELINO DA SILVA; 2 GEORGE LOVE, TRABALHO PARA PERFIL CORPORATIVO; DÉCADA DE 1970; CORTESIA EXPOSIÇÃO GEORGE LOVE; ALÉM DO TEMPO | MAM-SP; 3 E 4 ARQUIVO DA FAMÍLIA LEARY LOVE, BIBLIOTECA J. MURREY ATKINS, UNIVERSIDADE DA CAROLINA DO NORTE EM CHARLOTTE; REPRODUÇÃO DOUGLAS CANJANI



3



4



Paisagem urbana do livro *São Paulo: Anotações* (1982), que reúne fotos feitas por Love entre os anos 1960 e 1980

Além do episódio de censura, na tese é possível acompanhar os passos de Love pela fotografia. Nascido na cidade de Charlotte, na Carolina do Norte (EUA), ele se graduou em artes, no final da década de 1950, no Morehouse College. Localizada em Atlanta, na Geórgia, a instituição é voltada para estudantes negros e teve alunos como o ativista Martin Luther King Jr. (1929-1968) e o cineasta Spike Lee. No início dos anos 1960, Love se radicou em Nova York e integrou a Associação dos Heliógrafos, iniciativa criada em 1963 pelo fotógrafo Walter Chappell (1925-2000), com a meta de discutir a experimentação fotográfica. Ali, organizou exposições e ocupou o cargo de vice-diretor da galeria inaugurada pelo grupo. “George chegou ao Brasil em 1966 para encontrar Claudia Andujar, fotógrafa de origem húngara-suíça que morava em São Paulo desde 1955”, conta Douglas Canjani, professor do Departamento de Comunicação da PUC-SP e autor de pesquisa sobre o fotógrafo, resultado de estágio pós-doutoral na mesma instituição, concluído em 2020. “Claudia

costumava ir com frequência para Nova York e chegou a participar da Associação dos Heliógrafos. Foi assim que se conheceram.”

Os dois viveram como casal até 1974. No final dos anos 1960, ambos começaram a colaborar com a revista *Realidade* (1966-1976), da editora Abril, publicação que fez história no jornalismo brasileiro, sobretudo em seus dois primeiros anos, pautados por reportagens de temática ousada, que tiveram grande repercussão. “A revista oferecia liberdade de criação aos fotógrafos, que deram grandes contribuições ao fotojornalismo brasileiro, produzindo imagens em que o caráter documental se mesclava ao experimentalismo. Isso resultou em uma visualidade extremamente inovadora no contexto da imprensa da época”, observa Helouise Costa, docente e curadora do Museu de Arte Contemporânea (MAC-USP), que orientou a tese de Silva.

“*Realidade* rompeu com uma forma mais descritiva no uso da fotografia, comum aos veículos de comunicação de então, o que permitiu trabalhos mais ensaísticos de seus fotógrafos e fotógrafas”, concorda Marcelo Eduardo Leite, do Instituto Interdisciplinar de Sociedade, Cultura e Artes da Universidade Federal do Cariri (UFCA), no Ceará. No caso específico de Love, havia uma abertura para que colocasse em prática suas experiências anteriores no campo das artes visuais com a vanguarda nova-iorquina, a exemplo “do uso das cores, dos recursos de velocidade do obturador, dos enquadramentos e contrastes”, acrescenta Leite, autor do artigo “O fotojornalismo experimental de George Love na revista *Realidade*” (2023).

Love e Andujar integraram a equipe de 40 profissionais que produziram para *Realidade* um especial sobre a Amazônia. A edição, publicada em outubro de 1971, é composta, dentre outras imagens, por fotos aéreas feitas por Love e registros dos primeiros contatos de Andujar com os Yanomami. “Foi um trabalho que influenciou George a voltar várias vezes à região nos anos seguintes e que se desdobraria mais tarde na publicação do livro *Amazônia* em 1978”, diz Canjani, que visitou em 2014, com apoio da FAPESP, o arquivo do fotógrafo depositado na biblioteca J. Murrey Atkins, da Universidade da Carolina do Norte. Entre outras questões, o pesquisador analisou em seu estudo a relação de Love com a paisagem. “Ao fotografar, George parece estar menos interessado em retratar a paisagem sob um prisma topográfico, devotado à descrição exata do território e seus acidentes, e mais curioso sobre os fenômenos de luz e a ação recíproca dos elementos da paisagem uns sobre os outros (luz, água, vapor, céu, terra, vegetação etc.)”, escreve.

No Brasil, Love colaborou como fotojornalista com outras publicações como *Novidades Fotográfica*

(1953-1987), uma das mais importantes sobre fotografia no país, e *Bondinho* (1970-1972), revista de uma rede de supermercados, cuja redação reunia jornalistas que haviam passado pela *Realidade*. “Na década de 1970, ele participou também de várias iniciativas no Masp [Museu de Arte de São Paulo], em sua maioria em parceria com Cláudia Andujar, como a criação de um departamento de fotografia e a implantação de um laboratório fotográfico, além de ter realizado exposições e cursos”, diz Costa, do MAC-USP. No início da década de 1980, Love foi contratado pela Eletropaulo para organizar a coleção de documentos fotográficos da cidade de São Paulo. Do projeto encabeçado pelo arquiteto Benedito Lima de Toledo (1934-2019), da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, saíram dois livros em 1982, pela editora Raízes, nova empreitada de Regastein Rocha. Um deles é *São Paulo: Registros*, com fotos antigas do acervo da empresa, feitas na virada do século XIX para o XX. Já *São Paulo: Anotações* traz imagens realizadas por Love entre 1966 e 1982.

Mais tarde, em 1988, o fotógrafo se estabeleceu no estado de Nova York. Aos 50 anos, vivia uma fase de “busca e instabilidade”, além de enfrentar uma escoliose, como relata Canjani. “A decisão de voltar aos Estados Unidos teve impacto negativo na trajetória profissional de George. Ele começou a se isolar do meio cultural paulistano, onde tinha sido largamente aceito e, sem desfrutar mais de um círculo social amplo nos Estados Unidos, após tantos anos de permanência no Brasil, enfrentou um período de solidão e ostracismo”, prossegue o pesquisador. Em 1995, Love visitou o Brasil e, durante uma cirurgia ortopédica, faleceu em São Paulo aos 58 anos.

Love não presenciou a redescoberta de *Amazônia* na década de 2010, na esteira da valorização do gênero fotolivro no país e no mundo. Um dos fatores que impulsionaram a divulgação da obra foi sua inclusão em *Fotolivros latino-americanos* (2011), publicação coordenada pelo curador espanhol Horácio Fernández, com versões em inglês, espanhol, francês e português – no Brasil saiu pela editora Cosac Naify. Dividido em nove capítulos temáticos, o título apresenta 150 fotolivros por meio de imagens e pequenos textos. *Amazônia* figura no bloco *Os esquecidos*. “Acredito que um dos motivos que fizeram o livro receber destaque foi o fato de Cláudia Andujar estar se estabelecendo naquele momento como uma das principais artistas contemporâneas, mas ele tem muitos atributos, como a temática que permanece atual e a qualidade da impressão”, diz Silva. Para

Canjani, o livro se destaca pela força das imagens e a audácia da paginação. “As fotos ocupam quase toda a página e se desdobram página a página, praticamente sem pausas. É um livro com narrativa inovadora, dotada de um forte sentido de estranhamento”, afirma.

Hoje, de acordo com Silva, *Amazônia* chega a custar até R\$ 10 mil em sebos brasileiros. Há exemplares do livro, por exemplo, nas bibliotecas do Metropolitan Museum of Art e do Museu de Arte Moderna (MoMA), ambos em Nova York. Outra forma de conhecer o trabalho do fotógrafo é a retrospectiva *George Love: Além do tempo*, com curadoria de Zé De Boni, aberta em março no Museu de Arte Moderna de São Paulo (MAM-SP). A mostra, que fica em cartaz até 12 de maio, reúne mais de 500 fotografias, além de documentos, cartas e vídeos. É a primeira grande exposição sobre Love desde sua morte em 1995. ■

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

Love, em foto sem data, com Cláudia Andujar, sua companheira por oito anos e parceira de trabalho





Edição da correspondência de Oswald para Mário de Andrade revela retrato subterrâneo do modernismo brasileiro

Juliana Vaz

OPOSTOS E COMPLEMENTARES

Em fevereiro de 1925, durante visita a Londres, o escritor modernista Oswald de Andrade (1890-1954) visitou o Museu Britânico e remeteu um cartão-postal à rua Lopes Chaves, em São Paulo, endereço do amigo Mário de Andrade (1893-1945). O souvenir reproduzia a imagem de um chocalho ameríndio de madeira, em formato de cabeça de urso, pertencente ao acervo da instituição. No verso do cartão, o antropólogo não perdeu a oportunidade de gozar o conterrâneo, comparando o

colega escritor ao animal de boca e olhos enormes: “Vi hoje você em Camden Town”, escreveu.

É nesse tom de blague, quase sempre galhofeiro e ao mesmo tempo afetuoso, que Oswald escreveu ao autor de *Macunaíma* entre 1919 e 1928, em documentos agora reunidos no livro *Correspondência Mário de Andrade & Oswald de Andrade* (Edusp/IEB-USP, 2023). Nas 20 cartas, um bilhete e seis cartões-postais, Oswald relata sobretudo sua atuação como divulgador do modernismo brasileiro na Europa em um momento de grande efervescência cultural. Em Paris, encomenda

traduções para o francês de seu romance *Os condenados* (1922) e realiza uma conferência na Sorbonne (“ando subornado pela emoção”). Na mesma cidade, conhece o escritor franco-suíço Blaise Cendrars (1887-1961) e menciona encontros com inúmeras personalidades como o poeta Jean Cocteau (1889-1963), “um magricela moço, com expressivos pés de galinha”, e o pintor Pablo Picasso (1881-1973), o “Dostoiévski nascido em Málaga”.

Trata-se, porém, de um diálogo lacunar, pois as respostas enviadas por Mário a Oswald não constam na edição. O autor do *Manifesto antropófago* possivelmente não guardou a correspondência que recebeu – ao contrário de Mário, que ao longo da vida conservou mais de 7 mil cartas de escritores, artistas plásticos, músicos e intelectuais com quem se correspondeu até 1945, ano de sua morte, hoje sob a guarda do Instituto de Estudos Brasileiros da Universidade de São Paulo (IEB-USP). O livro em questão é o oitavo volume da coleção *Correspondência Mário de Andrade*, cujos próximos lançamentos devem reunir as trocas de missivas do escritor paulista com o político Carlos Lacerda (1914-1977), o antropólogo Arthur Ramos (1903-1949) e o compositor Luciano Gallet (1893-1931).

Buscando preencher essa lacuna e reconstruir o diálogo entre Mário e Oswald, a organizadora do volume, Gênese Andrade, especialista na obra oswaldiana e sem parentesco com os missivistas, acrescentou generosas notas de rodapé que complementam o material epistolar. Para isso, consultou variadas fontes, entre elas a correspondência de Mário com outros interlocutores, como a pintora Tarsila do Amaral (1886-1973), que foi casada com Oswald entre 1926 e 1929. “Oswald tem um estilo de escrita muito sintético, cifrado e cheio de trocadilhos. As notas de rodapé buscam contextualizar o que ele escreve na correspondência e permitem recuperar a história do modernismo de outra maneira”, conta Andrade, professora de literatura da Fundação Armando Álvares Penteado (Faap), em São Paulo.

A edição decifra, por exemplo, uma carta enviada de Paris em 1925, assinada coletivamente por Oswald e pelos escritores Yan de Almeida Prado (1898-1987) e Sérgio Milliet (1898-1966). Em estilo jocoso, o manuscrito menciona os personagens “Desgraça Mosca”, “Santo

Heitor Fura-Bolos” e “São Villa-Buarque da Haya”, referências ao escritor Graça Aranha (1868-1931), ao compositor Heitor Villa-Lobos (1887-1959) e ao historiador Sérgio Buarque de Holanda (1902-1982), respectivamente. “Mário percebeu a importância histórica de sua correspondência, que mostrava a ‘vida subterrânea’ do movimento modernista”, comenta Marcos Antonio de Moraes, professor do IEB-USP e coordenador editorial da coleção ao lado da pesquisadora independente Tatiana Longo Figueiredo e de Telê Ancona Lopez, professora do IEB-USP. “A carta era o lugar onde os intelectuais discutiam questões estéticas, sociais e políticas, de maneira informal, empregando palavras e renovando a linguagem. Para Mário de Andrade, eram ‘cartas de pijama’, como registrou na crônica ‘Amadeu Amaral’ em 1939.”

Originalmente escritas em suportes variados, como papéis pautados, coloridos ou de seda, contendo timbres de hotéis, restaurantes e companhias marítimas, as cartas deixam pistas dos locais por onde Oswald passou e são reproduzidas no livro em formato fac-similar. Algumas incluem também desenhos e caricaturas. “A correspondência não é

só o texto. As dimensões, o tipo de papel usado e todo o aspecto material da carta produzem significados, percebidos pelos estudiosos”, prossegue Moraes.

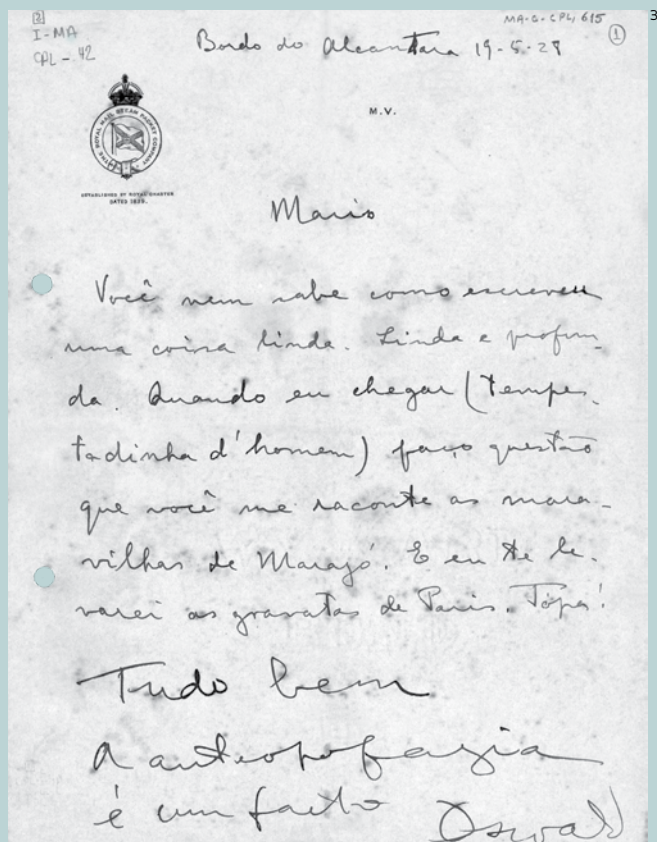
Oswald e Mário, “duas almas, opostas e complementares, do espírito modernista”, segundo o crítico Antonio Arnoni Prado (1943-2022), tiveram uma amizade conturbada, marcada por conflitos de personalidade e pela mútua admiração intelectual. A relação se inicia em 1917, quando o então jovem jornalista Oswald se impressiona com um discurso que Mário proferiu no Conservatório Dramático e Musical de São Paulo. Em 1921, impactado pelos versos de *Pauliceia desvairada*, livro que seria lançado no ano seguinte, Oswald faz um elogio público de Mário no artigo “O meu poeta futurista”, publicado no *Jornal do Commercio*. Pouco depois, em 1922, ambos participam ativamente da Semana de Arte Moderna no Theatro Municipal de São Paulo. Mas a amizade logo começa a sofrer abalos, e as divergências intelectuais afloram.

“Em 1924, Mário diverge em alguns pontos do *Manifesto da poesia pau-brasil*,

publicado por Oswald no *Correio da Manhã*, pois tinha uma visão analítica do país. É por isso que vai ao Nordeste pesquisar a cultura popular e analisar os elementos que, para ele, eram constitutivos da cultura brasileira. Oswald, ao contrário, era um intuitivo. Tinha uma perspectiva mais imediata da realidade nacional”, observa Eduardo Jardim, professor aposentado de filosofia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e autor da biografia *Eu sou trezentos: Mário de Andrade: Vida e obra* (Edições de Janeiro, 2015). Segundo Jardim, as cartas que Oswald dirigiu a Mário ilustram sobretudo a preocupação do modernista de estabelecer contatos com as vanguardas europeias. “Oswald queria inserir o Brasil no ‘concerto das nações cultas’, que, para ele, naquele momento, era a França”, continua o pesquisador.

Em 1925, Mário dedica a Oswald o livro *A escrava que não é Isaura*. Este agradece de Paris com uma carta que parodia o estilo do amigo: “Me deu pra mim uma comoção de você oferecer [sic] pra mim o seu livro”, escreve o viajante. Na mesma época, os dois chegam a criar um poema a quatro mãos, “Homenagem aos homens que agem” (1927), assinado por “Marioswald”, que faria parte de um livro inédito, *Oswaldário dos Andrades*. O rompimento pessoal definitivo se dá em 1929, por razões até hoje não esclarecidas. Segundo a hipótese de pesquisadores como Aracy Amaral, Mário teria sido alvo de uma série de ataques e provocações na *Revista de Antropofagia*, então em sua segunda fase. Um deles, o artigo “Miss Macunaíma”, publicado em junho daquele ano, fazia alusões à sua homossexualidade, assunto tabu na época.

“Oswald era um piadista que fazia trocadilhos às vezes muito maliciosos com o amigo. As cartas documentam seu espírito brincalhão de garoto, por vezes cruel, que não media as consequências de suas atitudes. Mário chega a comentar, na correspondência com o poeta Manuel Bandeira [1886-1968], o quanto isso o incomodava”, afirma Gênese Andrade. “Após o rompimento, a admiração intelectual entre eles sobreviveu. Ambos continuaram se respeitando no campo das ideias, lendo e apreciando a obra um do outro, mas as tentativas de reconciliação de Oswald jamais foram aceitas por Mário”, finaliza a pesquisadora. ■



Na outra página, Oswald e Mário de Andrade na década de 1940. Ao lado, correspondência enviada por Oswald em maio de 1928, a caminho de Paris: “A antropofagia é um fato”

SEM MEDO DA CONTRADIÇÃO

Newton da Costa ganhou reconhecimento internacional ao criar sistemas revolucionários no campo da lógica

Fernanda Ravagnani

Considerado um dos mais originais pensadores brasileiros, o lógico curitibano Newton da Costa morreu no dia 16 de abril, aos 94 anos, por complicações decorrentes de uma queda que sofreu em sua casa, em Florianópolis (SC). Engenheiro civil e matemático de formação, ele obteve reconhecimento mundial pela criação da lógica paraconsistente, que permite trabalhar com opiniões, situações e teorias contraditórias. “Meu problema central sempre foi pensar sistematicamente o que é o conhecimento”, afirmou em entrevista a *Pesquisa FAPESP* em 2008.

“Newton foi um revolucionário: ele estabeleceu uma nova área de pesquisa na lógica”, afirma o filósofo Luiz Henrique Lopes dos Santos, da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). Na lógica clássica, como explica Santos, há o princípio de que, quando se aceita uma contradição, se pode então admitir qualquer coisa, e, portanto, a lógica deixa de funcionar, é trivializada. “É como se, uma vez que uma regra é violada, o jogo de xadrez virasse

uma partida sem regra. Ou seja, acabou o jogo, as regras explodem”, prossegue Santos. “Newton propôs aceitar a contradição sem invalidar todo o sistema, preservando apenas certas regras da lógica clássica.”

Newton Carneiro Affonso da Costa nasceu em 1929, em uma família de professores e intelectuais, o que explica o prenome em homenagem ao físico Isaac Newton (1642-1727). Estudou na Universidade Federal do Paraná (UFPR), formando-se primeiro como engenheiro civil, em 1952, e depois em matemática, área em que concluiu bacharelado e licenciatura, em 1956, e doutorado em 1961.

No final dos anos 1950, começou a desenvolver a lógica paraconsistente, ainda com o nome de “sistemas inconsistentes e não triviais”. De tão heterodoxo, o trabalho foi tachado de excêntrico no Brasil. Com a ajuda do matemático brasileiro Artibano Micali (1931-2011), a ideia chegou à Academia de Ciências da França, mas quase não foi publicada devido à alegação de que a palavra “inconsistent” não existia em francês. Foi só quando o matemático Marcel Guil-



Costa, fotografado em 2016, em uma praça de Florianópolis

laume, da Universidade de Clermont-Ferrand, encontrou o vocábulo em um texto do matemático, físico e filósofo Henri Poincaré (1854-1912) é que a nota recebeu o sinal verde. “Seu reconhecimento surgiu primeiro no exterior”, diz Itala D’Ottaviano, ex-orientanda de Costa e professora de lógica e fundamentos da matemática na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Por sugestão de um amigo, o filósofo Francisco Miró Quesada, ex-ministro da Educação do Peru, rebatizou a teoria como “paraconsistente”. Como o prefixo “para”, em grego, significa “ao lado”, Costa quis reforçar que não estava negando a lógica clássica e sim acrescentando algo a ela. O novo nome foi oficialmente apresentado por Quesada, no 3º Simpósio Latino-americano de Lógica Matemática (SLALM), realizado em 1976 na Unicamp.

O sistema criado por Costa convergiu com um movimento iniciado nos primórdios do século XX: a lógica intuicionista e a lógica discursiva do polonês Stanislaw Jaskowski (1906-1965). A lógica paraconsistente passou a ser desenvolvida em linhas distintas em países como Po-



lônia, Austrália e Rússia, e ser aplicada para informações conflituosas em várias áreas do conhecimento, da robótica a sistemas de diagnóstico médico ou de transporte, passando pela psicanálise.

QUASE VERDADE

Em 1967, Costa transferiu-se de Curitiba para São Paulo, onde ministrava aulas no Instituto de Matemática e Estatística da USP e na Unicamp. Foi professor titular de ambas as universidades até se aposentar em 1984. Em meados daquela mesma década, tornou-se professor da FFLCH-USP e passou a ensinar filosofia da ciência.

Com o matemático chileno Rolando Chuaqui Kettlun (1935-1994), desenvolveu nos anos 1980 a noção de quase verdade, explicada em livros como *O conhecimento científico* (Paulus, 2018). “Considero esse conceito o segundo mais importante de tudo o que ele fez”, ressalta Edelcio Gonçalves de Souza, ex-orientando de Costa e professor do Departamento de Filosofia da USP. “Ele costumava explicá-lo por meio do seguinte exemplo: a mecânica clássica é uma teoria falsa, porque depois dela veio a teo-

ria da relatividade. Mas, para construir um prédio, usa-se a mecânica clássica, pois ela ‘funciona’. A mecânica clássica é, assim, uma ciência quase verdadeira.”

Nos anos 2000, ao lado do físico Francisco Antonio Dória, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Costa passou a abordar problemas ligados a essa área do conhecimento, estendendo a eles as provas de indecibilidade e incompletude dos teoremas matemáticos de Kurt Gödel (1906-1978). “Newton provou que não existe uma maneira de prever se um sistema entrará ou não em estado de caos, ou seja, mostrou que o caos é indecível”, diz Souza, da USP. “Ele fazia perguntas de lógica aos fenômenos da física, aquelas que os físicos não costumavam fazer.”

Para ficar mais próximo das netas, Costa mudou-se para Florianópolis (SC) em 2003 e tornou-se professor da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), onde lecionou até 2022. “Ele costumava dizer que seu objetivo como educador era ‘jogar a serpente no paraíso dos estudantes’, chacoalhar as ideias”,

comenta Jonas Arenhart, seu colega no Departamento de Filosofia da UFSC.

Ao seu redor, formaram-se três grandes núcleos para se pensar a lógica: um na Unicamp, outro no Departamento de Filosofia da USP e o terceiro na UFSC, na última fase da carreira. “Hoje existem vários grupos de lógica no Brasil que foram influenciados por essas três iniciativas”, afirma D’Ottaviano, da Unicamp.

Como professor visitante ou pesquisador, Costa passou por instituições no Chile, Austrália, Estados Unidos, México, Itália, França, dentre outros países. Em 1989, foi admitido como membro do Instituto Internacional de Filosofia, sediado em Paris. Além disso, integrava a Academia Internacional de Filosofia das Ciências e a Associação Internacional Americana para o Avanço da Ciência. Mais tarde, em 1998, recebeu a medalha de mérito científico Nicolau Copérnico, concedida pela Universidade de Torun, na Polônia, e o título de professor emérito da Unicamp.

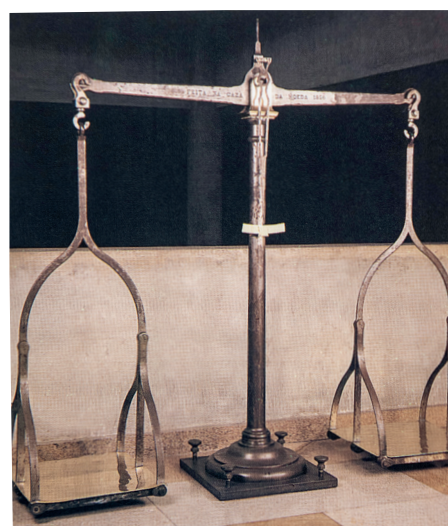
Ele batiza também o prêmio da Sociedade Brasileira de Lógica, idealizado em 2015 por Jean-Yves Béziau, da UFRJ. O filósofo e matemático franco-suíço se mudou para o país para ser orientado pelo lógico brasileiro no doutorado que defendeu em 1996, na USP. No ano passado, a Escola São Paulo de Ciência Avançada em Lógica Contemporânea, Racionalidade e Informação, patrocinada pela FAPESP e promovida pelo Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência (CLE) da Unicamp, homenageou Costa. O evento coordenado por D’Ottaviano reuniu ao longo de 14 dias cerca de 170 pessoas, entre estudantes e docentes do Brasil e do exterior. Foi uma de suas últimas aparições públicas.

Newton da Costa deixa a mulher, Neusa, com quem esteve casado por quase sete décadas, os filhos Newton Jr., Marcelo e Sylvia Lúcia, além de duas netas. ■

REVOLTA CONTRA A BALANÇA

A implantação do Sistema Métrico Decimal no Brasil motivou um protesto popular duramente reprimido no período imperial, há 150 anos

Suzel Tunes



Padrões de massa (foto maior) e volume (abaixo) feitos pelo Arsenal de Lisboa a pedido do príncipe regente dom João; balança fabricada no Brasil em 1856



Palmos, braças e léguas para medir comprimentos e distâncias; onças e arráteis para pesar carne-seca e açúcar; quartilhos para líquidos; alqueires para farinha e grãos. Tão estranhas são para nós essas medidas quanto eram metros, quilos e litros para os brasileiros de 1862, quando o Brasil adotou oficialmente o Sistema Métrico Decimal (SMD). As novas formas de medir massa e volume se tornariam obrigatórias somente em 1873, mas uma década não seria suficiente para popularizá-las. Ameaças de multa e até prisão para quem não utilizasse as novas medidas deflagraram um levante no Nordeste que ficaria conhecido como Revolta do Quebra-quilos. De acordo com os jornais da época, grupos numerosos invadiam as feiras semanais das cidades do interior nordestino quebrando os instrumentos de medição e resistindo aos padrões de referência do novo sistema de medidas.

Os camponeses que viviam nos matos da serra da Borborema (que se estende pelos estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte) e vendiam seus produtos agrícolas nessas feiras eram chamados de matutos e os homens do governo imperial de doutores. “Os matutos tomaram conta da cidade, arrombando a cadeia, inutilizando os novos pesos e medidas e destruindo os arquivos públicos”, relatou o desembargador e escritor Geraldo Irineu Joffily (1917-1985) no livro *O quebra-quilo. A revolta dos matutos contra os doutores* (Thesaurus, 1977).

Joffily descreve o primeiro atrito ocorrido na feira de Campina Grande, Paraíba, em 14 de novembro de 1874: “Persistiam os matutos nas suas recusas e reclamações, quando aparece o delegado João Peixoto com alguns soldados da polícia e cabras do coronel Alexandrino Cavalcante, dono do mercado, tentando dispersar os grupos mais agitados a lambadas de facão; alguns ma-



Rara fotografia da Revolta do Quebra-quilos, em 1874, no interior do Nordeste

tutos reagiram de modo surpreendente [...] Os feirantes procuraram abrigo por trás dos garajaus de rapadura; e foi aí que o negro João Carga d’Água, muito conhecido de todos, jogou o primeiro tijolo de rapadura contra os da polícia, sendo imitado por muitos, já que milhares de rapaduras de mais de meio quilo estavam empilhadas sobre esteiras no pátio da feira; um rebole de rapadura acertou em cheio a cabeça do delegado, que ficou desacordado por muito tempo, enquanto os soldados eram envolvidos e surrados pelas mulheres”. As publicações oficiais substituíram os tijolos de rapadura por pedradas.

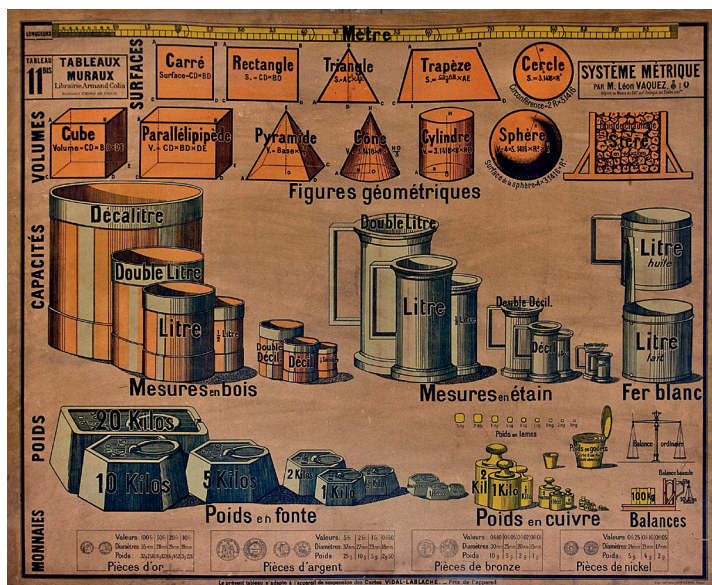
Relatórios policiais e dos presidentes das províncias descrevem a revolta como a reação de um grupo de pessoas ignorantes, desconfiadas das inovações científicas e manipuladas por “interesses inconfessáveis”, observa a historiadora María Verónica Secreto, da Universidade Federal Fluminense (UFF) e autora do livro *(Des)medidos: A revolta dos quebra-quilos (1874-1876)* (Mauad X, Faperj, 2011). A desconfiança se dirigia ao governo, não à ciência: “Faltava credibilidade ao poder estatal, visto como instrumento da classe dominante. A população entendia que as leis eram feitas para benefício de alguns”, conta. O filósofo Rafael de Oliveira Vaz, do

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) reforça: “A implementação de padrões demanda confiança, o que certamente faltava aos doutores do Império”.

O movimento se alastrou por várias províncias do atual Nordeste (denominado apenas de Norte, no período imperial), entre 1874 e 1875, chegando à província de Minas Gerais pelo ano de 1876. Segundo Secreto, a extensão da revolta revela o descontentamento que a motivou.

O Nordeste vivia uma intensa crise econômica, provocada pelas secas e pela queda dos preços do açúcar e do algodão no mercado externo. Em vez de medidas que ajudassem a resolver os problemas, o Estado lançava novas cobranças, como o “imposto de chão”, aplicado sobre as mercadorias expostas no chão das feiras, e o “imposto de sangue”, a lei de recrutamento militar. A imposição dos novos padrões de medida pelo governo imperial, que trazia ônus financeiro, com a necessidade de aquisição de balanças e pesos, chegava à população como mais uma agressão estatal.

O levante foi reprimido com violência. O capitão José Longuinho da Costa Leite (sem data de nascimento e morte), incumbido de restabelecer a ordem na Paraíba, ficou famoso como inventor dos



Cartaz escolar de 1892 e xilogravura de 1800 ilustrando as novas unidades de medida na França



“coletes de couro”, tortura que aplicava aos insurgentes. “Consistia em costurar-se ao tórax dos presos, muitos inculpa-dos, uma faixa de couro cru, previamente molhada durante horas. À medida que o couro secava ia comprimindo o peito da vítima, causando-lhe muitas vezes morte torturante por asfixia”, descreve Joffily em seu livro.

Secreto diz que, apesar da brutalidade da repressão, as revoltas do período foram relativamente exitosas. Além de dificultar a realização do alistamento militar e postergar o registro civil, conseguiram adiar a generalização do sistema métrico decimal.

Também houve resistência em outras nações da América do Sul, que oficializaram o SMD entre as décadas de 1850 e 1870, com exceção das Guianas Inglesa e Holandesa, que só aderiram em 1971, relata o historiador João Fernando Barreto de Brito em sua tese de doutorado concluída em 2020 na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

No México – que, como o Brasil, impôs multas para quem não utilizasse o SMD –, houve conflitos violentos em 1896, mais de 30 anos depois da promulgação da lei que tornava o sistema obrigatório (de 1862). Em Nova Granada (atual Colômbia), a resistência foi contornada com flexibilidade: o decreto que adotava oficialmente o SMD, de 1853, permitia que a população continuasse empregando as medidas tradicionais.

O quilograma foi a última unidade de medida a ser substituída por constantes físicas

Adotou-se na ocasião um “modelo híbrido”, no qual o sistema francês era utilizado para assuntos de Estado e as medidas antigas na esfera privada.

Houve resistência na própria França, onde nasceu o SMD, no século XVIII. “A padronização não foi tarefa fácil, havia muitas unidades de medida diferentes”, afirma Vaz. Segundo ele, o governo francês instituiu o SMD em 1799, mas depois, diante da reação, recuou. Em 1812, dois decretos, que só seriam revogados em 1837, permitiam a readoção da nomenclatura das unidades anteriores e a utilização de unidades não métricas no comércio.

Mesmo hoje, três países ainda não adotaram oficialmente o agora chamado Sistema Internacional de Unidades (SI), estabelecido em 1960 a partir do sistema métrico francês. Estados Unidos, Libéria e Mianmar seguem utilizando as medidas do sistema imperial britânico, como pés, jardas e onças. Apesar de ter

adotado oficialmente o sistema métrico decimal em 1965, pressionada pelas exigências do comércio internacional, a Inglaterra continua convivendo com as medidas e nomenclaturas tradicionais de seu antigo sistema.

A unificação dos sistemas de pesos e medidas fora a concretização de um sonho iluminista, que buscava conduzir as nações ao progresso. Em lugar de medidas antropométricas (como os palmos e braças), a meta era chegar a um sistema racional e universal, baseado em fenômenos físicos imutáveis, o que facilitaria as trocas comerciais, no contexto da expansão do capitalismo.

O metro se definiu após sete anos de expedições, entre 1792 e 1799, com a ousada tarefa de medir o tamanho da Terra: 1 metro equivale a um décimo da milionésima parte do comprimento do quadrante do meridiano que liga o polo Norte ao Equador, passando pela cidade de Paris.

Conduzida pelos astrônomos franceses Pierre François André Méchain (1744-1804) e Jean Baptiste Joseph Delambre (1749-1822), a expedição teve o apoio da Academia Francesa de Ciências e do próprio rei Luís XVI (1754-1793), quatro meses antes de ser deposto pela Revolução Francesa, em 1792. Delambre seguiu para o norte, de Paris a Dunquerque, e Méchain para o sul, de Paris a Barcelona. O objetivo foi mensurar a fração do meridiano de Dunquerque a Barcelona, para projetar, a partir de cálculos trigonométricos, a distância entre o polo Norte e o Equador. Para o nome

da nova unidade de medida, buscaram um termo do grego antigo, que julgavam mais universal do que uma palavra francesa: metro deriva de *metron*, que significa “medida”.

A lei que implementava o SMD, de 1793, oferecia valor provisório à unidade de comprimento, baseado em estimativas do físico matemático Pierre-Simon Laplace (1749-1827), do matemático Joseph Louis Lagrange (1736-1813) e do físico Jean Charles de Borda (1733-1799).

A lei também definia o quilo a partir da medição da massa de 1 decímetro cúbico (dm^3) de água destilada à sua máxima densidade em pressão atmosférica; e o litro, medida de capacidade, como o volume de 1 decímetro cúbico. Em 1799, a entrega dos protótipos de platina do metro e do quilo definitivos aos Arquivos da República de Paris marcou a definição oficial. Hoje, essas peças fazem parte do acervo do Escritório Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), criado em 1875 pela Convenção do Metro, assinada por 17 países, entre eles o Brasil.

Em 1875, já fazia mais de uma década que o Brasil havia adotado oficialmente o novo sistema. A Lei Imperial nº 1.157, assinada por dom Pedro II em 1862, dava o prazo de 10 anos para a adaptação ao sistema métrico francês e determinava sua inclusão nos programas das escolas de instrução primária, públicas e particulares. De acordo com um artigo da matemática Elenice Zuin, da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG), publicado em 2017 na *Educação Matemática Pesquisa*, antes mesmo da promulgação da lei já circulavam no



No mercado Ver-o-Peso, em Belém, também se pode comprar farinha por litro

Brasil livros escolares portugueses ensinando o sistema métrico decimal. Livros de aritmética de autores brasileiros também mencionavam o SMD.

O desejo de alinhar o Brasil aos países europeus, adotando o sistema científico criado na Europa, esbarrava, porém, no acesso da população à educação formal e, mesmo, na irregular distribuição dos padrões de medida, como os pesos de ferro utilizados nas aferições, ainda importados da França. “O Brasil não tinha meios de disseminar o novo sistema”, comenta Vaz.

Foi só na Era Vargas (1930-1945), diante das demandas da industrialização, que o governo intensificou os esforços pela implementação do SMD. Em 1962, o país aderiu ao recém-criado SI, atualmente composto por sete unidades básicas: metro, para comprimento; quilograma, para massa; segundo, para tempo; ampère, para corrente elétrica; Kelvin, para temperatura termodinâmica; candela, para a intensidade luminosa; e mol, para quantidade de substância.

Na 17ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, de 1983, optou-se por lastrear o metro na velocidade de propagação da luz no vácuo. Metro é definido, agora, como o comprimento percorrido pela luz no vácuo, durante um intervalo de tempo de $1/299\,792\,458$ do segundo. Outras unidades fundamentais de medidas foram substituídas por constantes físicas, grandezas universais que, em princípio, não se alteram com o tempo.

Em 2019, o quilograma, a última das unidades de medida a ser redefinida,

deixou de ser estabelecido com base no cilindro metálico guardado sob três redomas de vidro em um cofre na sede do BIPM em Sèvres, na periferia de Paris. A unidade básica de massa agora é definida a partir da constante de Planck, proposta em 1900 pelo físico alemão Max Planck (1858-1947), que estabelece uma relação entre a energia das partículas de luz (fótons) e a frequência com que elas vibram (*ver Pesquisa FAPESP nº 256*).

Contudo, nem toda a tecnologia tem o poder de eliminar a tradição. Hoje, o sistema métrico decimal coexiste, sem conflitos, com medidas tradicionais. Persistem algumas medidas antropométricas, como as polegadas, que medem o monitor da TV, ou os pés, que mensuram a altitude da aeronave. Nas feiras livres do Brasil, compram-se maços de verduras e bacias de frutas. De acordo com artigo da matemática Patrícia de Campos Corrêa, publicado na *Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, na região Norte existem outras unidades populares: cambada de peixes, rasa de açaí, panieiro de ananás, cuia de camarão. Na famosa Feira do Ver-o-Peso de Belém, capital paraense, podem ser vistos até novos usos para as unidades do sistema internacional: lá se compra 1 litro de castanha, de farinha de mandioca ou de camarão. O litro-padrão, criado como unidade de medida para líquidos, é assim utilizado para sólidos. As balanças digitais com selo do Inmetro ficam ali do lado, prontas para serem mostradas aos fiscais da prefeitura que aparecerem. ■



Réplica do protótipo do quilograma exposta no museu Cité des Sciences et de l'Industrie, em Paris

NA HORA CERTA

Por causa da guerra, a paleontóloga síria Wafa Adel Alhalabi chegou ao Brasil como refugiada e hoje, na USP em Ribeirão Preto, estuda fósseis de sua terra natal

Nasci em Damasco, na Síria, a capital mais antiga do mundo. Sempre gostei de animais e plantas e, na hora de escolher o que estudar, o curso de biologia foi o que fez mais sentido para mim. Me formei em 2004 na Universidade de Damasco, onde logo depois passei a dar aulas de taxonomia vegetal. Para reforçar a renda familiar, também trabalhava na área administrativa de uma empresa. Somos em seis irmãos e sempre contribuí com as despesas da casa.

Na sequência, fiz mestrado em estudos ambientais em um programa colaborativo entre a Universidade de Damasco e a Universidade de Poitiers, na França. Esse curso me abriu as portas para atuar como consultora de impacto ambiental de grandes projetos, como exploração de petróleo e construção civil. Viajei a trabalho por toda a Síria e para outros países árabes, como a Arábia Saudita, algo pouco comum para uma mulher solteira no contexto cultural do meu país.

Em 2008, durante um trabalho de campo na Síria, um arqueólogo que estava na equipe me apresentou a paleontologia. Digo apresentar porque, a despeito do estudo dos fósseis de animais e plantas ser uma área de atuação dos biólogos, tive apenas uma ou duas aulas de paleontologia na graduação. A explicação desse meu colega me encantou e decidi que era aquilo que queria fazer na vida.

Entre 2010 e 2011, escrevi um projeto de pesquisa para estudar insetos em âmbar. Porém, em meio a esse processo, a guerra civil na Síria começou e interrompeu meu sonho de estudar paleontologia. Por causa do conflito, precisei sair do país para continuar tendo renda e fui para o Líbano. Foi um período muito difícil, em que meu único foco era trabalhar para ajudar financeiramente minha família que tinha ficado na Síria.

No final de 2015 e início de 2016, dois fatos colaboraram na minha decisão de vir ao Brasil. A primeira é que eu não consegui autorização para permanecer



no Líbano e a segunda, ainda mais difícil, foi a morte do meu pai. Eu era muito apegada a ele e não conseguiria lidar com a sua ausência em nossa casa. Precisava de um tempo.

A guerra civil continuava. Foi quando descobri que o Brasil estava recebendo refugiados e resolvi tentar o visto. O documento saiu em apenas sete dias. Como seguia com o sonho de estudar paleontologia, antes de me mudar fiz uma busca na internet por pesquisadores dessa área e encontrei o Laboratório de Paleontologia da Universidade de São Paulo [USP], em Ribeirão Preto, liderado pelo professor Max Langer. Escrevi para

Abaixo, Wafa no Laboratório de Paleontologia da USP em Ribeirão Preto e, na outra página, em trabalho de campo no Peru, em 2023



ele em inglês e contei que queria estudar insetos e plantas no âmbar.

A resposta veio no mesmo dia. O professor Max me disse que eu seria bem-vinda no laboratório, mas poderia também me indicar outros pesquisadores que trabalhassem com âmbar, já que essa não era sua especialidade. Assim, em agosto de 2016, aos 36 anos, deixei meu país rumo ao Brasil, com a cara e a coragem, sem bolsa de estudo e com minhas economias. Sem saber também que minha trajetória de pesquisa em um país tão distante e diferente acabaria me levando de volta à Síria.

Comecei a trabalhar no laboratório preparando fósseis até definir um projeto de pesquisa para tentar o doutorado. Mas sabia que se optasse por estudar insetos e plantas no âmbar teria que ir para outro lugar no Brasil. Eu não queria isso, até porque, depois de tudo que havia passado – a guerra, a morte do meu pai, a interrupção de meu projeto de pesquisa, a mudança de país –, estava muito frágil emocionalmente.

Como fui bem acolhida pelo professor Max e sua equipe, optei por ficar em Ribeirão Preto e passei a trabalhar com vertebrados do chamado Grupo Bauru. Para quem não sabe, a bacia Bauru tem um dos mais ricos conjuntos de fósseis de vertebrados do território brasileiro, sendo o maior do estado de São Paulo.

Em 2017, o professor Max me propôs fazer como pesquisa de doutorado uma revisão dos caracteres de estudos filogenéticos sobre os primeiros dinossauros. Em biologia, a filogenética é o estudo da história evolutiva e das relações de parentesco entre grupos de organismos. Eu nunca tinha estudado dinossauros, mas, mesmo assim, passei a trabalhar nesse projeto de pesquisa. Minha proposta foi apresentada e aprovada no final daquele ano no Programa de Doutorado em Biologia Comparada da USP em Ribeirão Preto, quase 10 anos após minhas primeiras incursões nessa área, quando ainda estava na Síria.

As relações filogenéticas dos primeiros dinossauros não são consensuais, o que tem gerado diferentes propostas sobre a origem deles. No doutorado, avaliei a qualidade dos caracteres filogenéticos empregados para estudar o surgimento

desses animais. Ao longo do estudo, elaborei uma extensa lista com quase 7 mil caracteres filogenéticos, que descrevem a morfologia dos primeiros dinossauros.

Concluí o doutorado em 2021, após superar muitos desafios. Além da barreira do idioma e da pandemia de Covid-19, também enfrentei uma suspeita de câncer de mama, que depois foi descartada. Por tudo isso, tenho muito orgulho desse trabalho.

A pesquisa sobre vertebrados também me abriu a possibilidade de voltar à Síria para trabalhar com fósseis da minha terra natal, algo que eu queria desde quando optei por seguir na área de paleontologia. Em 2022, ajudei a identificar um conjunto de fósseis de um grande réptil marinho encontrado em uma mina, no centro do país. Tratava-se de um plesiossauro, grupo de animais extintos há 66 milhões de anos, que habitava os oceanos no período Cretáceo.

A coleta dos fósseis aconteceu em 2010, mas eles ficaram guardados durante todo esse tempo. A guerra acabou impedindo que pesquisadores estrangeiros fossem ao país examinar o material, e na Síria, até então, não havia especialistas em fósseis de vertebrados. Eu sou a primeira. Para fazer a identificação, fiquei quase um mês em Damasco coletando os dados, que foram analisados no laboratório da USP em Ribeirão Preto.

A partir da repercussão desse trabalho, publicado em 2024, viajei novamente para a Síria em abril para dar uma palestra na Universidade de Damasco e entrevistas para canais de TV. Lá, também iniciei uma nova série de estudos de outros conjuntos de fósseis, incluindo, por exemplo, um mosassauro e um pterossauro.

Sou brasileira, consegui a nacionalidade há dois anos, mas tenho orgulho de ser síria e fico feliz por dar uma contribuição para o meu país natal por meio das minhas pesquisas. Meu coração está permanentemente dividido. Tenho saudade da minha mãe, dos meus irmãos, do meu idioma, mas minha casa agora é o Brasil. Aqui, formei uma família com muitos amigos e meus três gatos: Azeitona, Coxinha e Jabuticaba. ■

DEPOIMENTO CONCEDIDO A PATRICIA MARIUZZO

SAIBA MAIS

Laboratório de Paleontologia da USP em Ribeirão Preto



Para além da mera vaidade

Rafael de Souza



A biopolítica da beleza: Cidadania cosmética e capital afetivo no Brasil
Carmen Alvaro Jarrín
Tradução: Vera Ribeiro
Editora Unifesp
e Editora Fiocruz
384 páginas
99,90

A beleza não se limita apenas aos corpos. Como um conjunto de imperativos, práticas, sinais, símbolos e *status*, ela concretiza e atualiza posições e lugares sociais. Comunica algo ao mesmo tempo que se configura como uma propriedade a ser adquirida e exibida na vida social. Em outras palavras, é um recurso social fundamental e uma suposta garantia de mobilidade social em um país marcado por fortes hierarquias de gênero, raça e classe. Essa é a principal tese do livro da antropóloga Carmen Alvaro Jarrín (EUA), que investiga detalhadamente a construção e a disseminação do que chama de “biopolítica da beleza”. Ou seja, os modos como, no Brasil, critérios e procedimentos estéticos foram mobilizados em táticas de governamentalidade (conceito do filósofo Michel Foucault sobre técnicas de poder centradas na gerência e no disciplinamento de populações) que reforçam essas hierarquias.

Ao combinar pesquisa nos acervos da Biblioteca Nacional e etnografias com pacientes que realizaram ou planejam realizar cirurgias plásticas no Rio de Janeiro, o livro explora a estética corporal para além da mera vaidade e da imediata corporalidade dos atores. A disseminação de diversos procedimentos estéticos, como harmonização facial e lipoaspiração, não é apenas resultado de uma espécie de “ditadura simbólica da beleza”. Para Jarrín, o regime biopolítico estético se produz como uma resposta a um intrincado arranjo entre médicos, pacientes e o Estado brasileiro, no qual a cosmética atua como um recurso que ora reforça, ora oferece oportunidades para desestabilizar as hierarquias sociais.

O primeiro capítulo demonstra como a eugenia, a higiene e a beleza representavam uma estratégia única de controle e “contenção de danos” causados pela “miscigenação excessiva” no território brasileiro nas primeiras décadas do século XX. Naquela época, médicos, sanitaristas e governantes tinham a intenção de purificar a raça, eliminando sujeitos negros e indígenas da constituição física brasileira. Portanto, o Estado deveria facilitar a “produção” de homens fortes, vigorosos e brancos, assim como mulheres delicadas, companheiras e igualmente brancas. O embelezamento e o fortalecimento da raça

passavam pelo embranquecimento, e, sem essas iniciativas, o destino da nação estaria em risco.

Já o foco do segundo capítulo está em entender de que forma o cirurgião plástico Ivo Pitanguy (1923-2016) estabeleceu um modelo de atuação profissional e institucional para a prática de intervenções plásticas no Brasil. Com a criação de uma espécie de “filantropia estética”, surgiu a visão de que os pobres também teriam direito às vantagens de uma vida bela e plena. Na visão popularizada por Pitanguy e outros cirurgiões, a beleza abriria portas, e um projeto de mobilidade social estaria ancorado no direito das populações mais pobres de ascenderem socialmente por meio da beleza. O que fica implícito aqui é a clara conexão entre feiura e pobreza, entre beleza e riqueza.

Do terceiro ao sexto capítulo, Jarrín investiga como esses procedimentos estéticos ocupam um lugar ambíguo na sociedade brasileira. Eles reforçam uma governamentalidade racializada que valoriza certos corpos em detrimento de outros, ao mesmo tempo que os sujeitos, conscientes desse caráter racializado, injusto e desigual, procuram navegar nas hierarquias simbólicas brasileiras em busca de oportunidades para si mesmos. Assim, na cosmologia estética nacional, afinar o nariz, manter mãos sem calos e desfrutar de cabelos lisos e vibrantes marcam, em tese, o pertencimento àqueles que têm o direito de ascender socialmente no Brasil, ou seja, todos aqueles que não sejam negros e não carreguem as marcas de um passado de trabalhador.

Repleto de episódios, além de um apuro teórico exemplar, o livro abre possibilidades para novas e futuras investigações. Destaco duas delas. A primeira diz respeito ao impacto que as redes sociais e a cultura midiática podem ter na manutenção ou desestabilização dessas hierarquias. Um segundo ponto é a atuação dos movimentos sociais de *body positivity* em conjunto com novos movimentos políticos que visam repensar raça, gênero e outras desigualdades no Brasil. Como esses fenômenos operam ou desestabilizam a biopolítica da estética? Embora Jarrín não explore essas questões, o livro nos desperta para refletir sobre esses temas.

Rafael de Souza é sociólogo, professor da Universidade Federal Fluminense (UFF) e pesquisador do Cebrap.

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

COMITÊ CIENTÍFICO

Luiz Nunes de Oliveira (Presidente), Américo Martins Craveiro, Anamaria Aranha Camargo, Ana Maria Fonseca Almeida, Anapátricia Moraes Vilha, Carlos Américo Pacheco, Carlos Graeff, Célio Haddad, Claudia Mendes de Oliveira, Deisy de Souza, Douglas Zampieri, Eduardo Zancu, Euclides de Mesquita Neto, Fernando Menezes de Almeida, Flávio Vieira Meirelles, José Roberto de França Arruda, Jó Ueyama, Liliam Amorim, Liliam Sanchez Carrete, Marcio de Castro Silva Filho, Mariana Cabral de Oliveira, Marco Antonio Zago, Maria Julia Manso Alves, Marie-Anne Van Sluys, Marta Arrêche, Nina Stocco Ranieri, Paulo Schor, Reinaldo Salomão, Richard Charles Garratt, Rodolfo Jardim Azevedo, Sergio Costa Oliveira, Luiz Vitor de Souza Filho, 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 Warrak (Editora), Júlia Cherem Rodrigues e Maria Cecilia Felli (Designers), Alexandre Alfonso (Editor de infografia)**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** Américo Craveiro, Ana Maria de Almeida, Claudia Plens, Daniel Scherer de Moura, Deisy de Souza, Gustavo Wiederhecker, Jean Ometto, José Roberto Arruda, Marcelo Fábio Gouveia Nogueira, Rafael Oliveira e Reinaldo Salomão e Vitor de Souza**COLABORADORES** Ana Carolina Fernandes, Cássia Roriz, Fernanda Ravagnani, Frances Jones, Gabrielle Vieira Lube, Juliana Vaz, Laura Tercic, Letícia Nafsa, Meghie Rodrigues, Patricia Mariuzzo, Renata Fontanetto, Rafael de Souza, Sarah Schmidt, Sinésio Pires Ferreira, Soraia Vilela, Suzel Tunes**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** 28.550 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**

Aridez no Brasil

Foi avisado, mas talvez só quando a situação ficar irreversível é que vamos dar ouvidos aos cientistas (“O Brasil que seca”, edição 338).

Allan Padela

Aulas no campo

Cursos de campo são fundamentais para a formação de bons ecólogos (“Ecologia na prática”, edição 337). É um espaço para exercitar métodos científicos com diferentes sistemas biológicos de estudo e ser orientado por outros profissionais. Essa diversidade melhora muito a formação de pesquisadores e pesquisadoras.

Rafael Rios Moura

Árvores gigantes

Parabéns a todas e a todos envolvidos nesse trabalho tão importante para a preservação da nossa biodiversidade (“Os mistérios das árvores gigantes da Amazônia”, edição 336).

Marina Silva (MMA)

Pegada de carbono

Ótimo comparativo para o cidadão ter claro seu papel nas emissões de CO₂ e nas suas escolhas diárias (“Para medir sua pegada de carbono”, edição 336).

Flavia Dantas Albuquerque

Plágio na Noruega

Quando um sistema é insustentável, o punitivismo vira mato e chega a todos

(“Plágio derruba ministra norueguesa que liderava repressão à má conduta de estudantes”, edição 336). Não é um problema individual, mas do sistema. Quando não há tempo para que um cientista amadureça com dignidade, com direitos respeitados, com conhecimento construído com calma, os atalhos se tornam norma. A ética tende a ser varrida para debaixo do tapete e a comunidade, como um todo, adocece.

Nina Cunha

Vídeos

A dengue é um fato cotidiano que temos que lidar (“Por que o Brasil tem recorde de casos de dengue?”, entrevista com Maurício Lacerda Nogueira). Sou agente de combate às endemias e sei das dificuldades que encontro no meu trabalho: população mal-educada e recusa de entrada nas casas para vistoria. Bom ter uma vacina para aliviar um pouco a situação.

Jaqueline Lacerda

Que vídeo interessante (“O caminho obscuro de óvulos humanos importados pelo Brasil”). Há cinco anos acompanho mulheres que adiaram a maternidade. Muitas delas precisarão recorrer a óvulos doados para gerar seus filhos. Precisamos falar mais sobre tudo isso.

Alini Dini

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

revistaspesquisa.fapesp.brredacao@fapesp.br

PesquisaFapesp

PesquisaFapesp

pesquisa_fapesp

@pesquisa_fapesp

PesquisaFAPESP

pesquisa.fapesp

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.



Congelado? Nem sempre

Um morro triangular e um esqueleto de baleia montado em 1972 pelo oceanógrafo francês Jacques Cousteau marcam o local nessa paisagem tão mutável. As fotografias feitas no final da primavera (novembro de 2023) e no verão (dezembro e janeiro seguintes) deixam evidente como a Antártida nem sempre é coberta de gelo. O projeto “As múltiplas faces do carbono orgânico e metais no ecossistema antártico” (Carbmet) monitora desde 2020 como os compostos transferidos pelo derretimento da neve afetam a água marinha, o ar e o sedimento desse ambiente costeiro na baía do Almirantado, onde fica a base brasileira, Estação Antártica Comandante Ferraz. A ideia é entender o impacto ambiental dessas notáveis mudanças sazonais.

Imagens enviadas por Gabrielle Vieira Lube (estudante de mestrado) e Amanda Camara de Souza (estudante de doutorado), do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP)

A FORMAÇÃO DOS ECOSSISTEMAS DA AMÉRICA DO SUL

24 MAI 2024
das 10h às 11h30

Carlos Jaramillo

Smithsonian Tropical Research Institute (STRI)

A conferência abordará como a pesquisa paleontológica pode auxiliar a explicar a evolução das paisagens tropicais e de sua biota ao longo da história geológica da América do Sul.

Foto: acervo pessoal



Carlos Jaramillo formou-se em Geologia na Universidad Nacional da Colombia (1992), obteve seu mestrado na University of Missouri-Rolla (1995) e seu doutorado na University of Florida (1999). Atualmente, ele é o cientista-chefe de paleobiologia do Smithsonian Tropical Research Institute (STRI), publicou mais de 200 artigos e treinou cerca de 50 doutores em seu laboratório.

MODERAÇÃO

Cristina Yumi Miyaki, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB/USP)

Carlos Alfredo Joly, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Inscrições e mais
informações, acesse
fapesp.br/conferencias



EVENTO PRESENCIAL
com tradução simultânea

Local: **Auditório FAPESP** – Rua Pio XI, 1500 – Alto da Lapa, São Paulo, SP



À VENDA EM BANCAS
DE TODO O PAÍS