

# Pesquisa

MARÇO DE 2024 | ANO 25, N. 337

FAPESP ▲

## SUPERCOMPUTADORES MAIS POTENTES

Com modernização e novas máquinas, Brasil amplia seu poder de processamento para pesquisas científicas, previsão do tempo e geração de energia

Epidemia de dengue pode ser a maior da história, diz o médico Maurício Nogueira

Consórcio mapeia desigualdade de gênero na ciência em 16 países e propõe ações

Combustível sustentável é alternativa para reduzir emissões do setor aéreo

Absorventes biodegradáveis se decompõem em seis meses e poluem menos

Profissionais dedicados ao cuidado somam 24 milhões de pessoas no país

Produção excessiva de raios gama nos polos do Sol intriga astrônomos

Uma Iniciativa



ALBERT EINSTEIN  
SOCIEDADE BENEFICENTE ISRAELITA BRASILEIRA



**ScienceArena**  
Ciências da saúde

Pra quem  
vê o mundo  
através  
da ciência



Conheça uma nova plataforma de jornalismo e divulgação científica, dedicada a reunir diferentes atores do meio acadêmico em torno de discussões que repercutem nas ciências da saúde. No Science Arena, além de entrevistas e reportagens exclusivas abordando temas de interesse geral, como os desafios da carreira científica, você tem acesso livre e gratuito a análises de pesquisadores de instituições nacionais e internacionais. Mais do que um site de notícias, o Science Arena oferece espaço para que pesquisadores participem ativamente do portal e levem debates importantes sobre os rumos da ciência. Todo o conteúdo está em português e inglês.

Acesse agora e descubra como contribuir.

science  
arena  
.org





FOTO MATEUS SERRER

Grupo Coco de Roda  
Novo Quilombo,  
de Conde (PB):  
influências múltiplas  
(MUSICOLOGIA, P. 86)

**Pesquisa 337**  
FAPESP

**5** CARTA DA EDITORA  
**6** NOTAS

CAPA

**12** O esforço do Brasil  
para ampliar e modernizar  
sua infraestrutura de  
supercomputadores

**20** Frontier, a máquina  
mais veloz do mundo,  
faz 1 quintilhão de  
operações por segundo

Capa

Detalhe do interior  
do Coaraci,  
supercomputador  
da Unicamp

FOTO LÉO RAMOS CHAVES/  
REVISTA PESQUISA FAPESP

ENTREVISTA

**22** A brasilianista  
Barbara Weinstein analisou  
o protagonismo comercial  
de elites regionais  
e trabalhadores no país

EQUIDADE

**28** Consórcio mapeia  
desigualdade de gênero  
na ciência em 16 países  
e propõe ações

FINANCIAMENTO

**32** Fundo quer mapear a  
filantropia que envolve  
a população negra no país

RECURSOS HUMANOS

**34** Cursos de campo  
em ecologia sofrem com  
falta de verbas

BOAS PRÁTICAS

**38** Suspeita de coação  
para obter amostras  
biológicas põe em xeque  
artigos de genética forense

DADOS

**41** Participação feminina  
na docência superior

ENTREVISTA

**42** O virologista  
Maurício Nogueira fala  
das características da  
epidemia atual de dengue

IMUNOLOGIA

**46** Autorregulação do  
sistema imune facilita  
multiplicação do parasita  
da malária

NEUROLOGIA

**48** Estudo identifica casos  
de Alzheimer decorrentes  
do uso de hormônio  
extraído de cadáveres

ETNOBOTÂNICA

**51** Pesquisa em quilombos  
cataloga uso medicinal  
e artesanal de plantas

ZOOLOGIA

**54** Gatos-do-mato  
andinos pertencem  
à espécie distinta  
dos felinos brasileiros

PALEONTOLOGIA

**56** Anfíbio anterior  
aos dinossauros aponta  
conexão entre as faunas  
brasileira e russa

**MARÇO 2024** >>>



Gatos-do-mato, como *L. pardinoides*, têm espécies redefinidas por ecólogos (ZOOLOGIA, P. 54)



PODCASTS

**As armadilhas das revistas predatórias**

Saiba mais sobre o avanço dos periódicos científicos com práticas desonestas. E mais: espécies vulneráveis; sensor de acetato; bioma brasileiro



VÍDEOS

**Aids: a história da luta contra a doença**

Linha do tempo mostra por que resposta brasileira à epidemia se tornou referência mundial



**Desbravando a floresta de árvores gigantes**

Equipe de *Pesquisa FAPESP* revela os bastidores da expedição de pesquisadores ao Amapá

Este conteúdo está disponível no site [www.revistapesquisa.fapesp.br](http://www.revistapesquisa.fapesp.br), que contém, além de edições anteriores, versões em inglês e espanhol e conteúdo exclusivo

COMPUTAÇÃO

**58** Sistemas baseados em IA podem monitorar travessia de animais em rodovias

ASTROFÍSICA

**60** Em seu último pico de atividade, o Sol emitiu excesso inesperado de raios gama

**62** Fusão de duas estrelas de nêutrons gera segunda maior explosão de raios gama

SUSTENTABILIDADE

**64** Brasil quer ter papel de destaque na produção de combustível renovável de aviação

**68** Universidades e centros de pesquisa investigam como elevar a produção de biocombustível

ENERGIA

**70** Pesquisadores do Ipen desenvolvem protótipo de bateria nuclear

INOVAÇÃO

**72** Absorventes íntimos biodegradáveis poluem menos o planeta

**75** Os prejuízos econômicos e sociais causados pela pobreza menstrual

SOCIOLOGIA

**76** Com 24 milhões de pessoas trabalhando no setor, governo prepara o lançamento da primeira política nacional de cuidado

ARTES VISUAIS

**82** Vida e obra do crítico Mário Pedrosa ganham novas análises

MUSICOLOGIA

**86** Coleção de livros explora diversidade musical das regiões do país

MEMÓRIA

**90** Há 150 anos, um astrônomo brasileiro foi ao Japão para ajudar a calcular a distância da Terra ao Sol

ITINERÁRIOS DE PESQUISA

**94** O físico George Sand de França se divide entre a ciência e a arte da palhaçaria

RESENHA

**96** *Admirável novo mundo: Uma história da ocupação humana nas Américas*, de Bernardo Esteves. Por Cláudia R. Plens

**97** COMENTÁRIOS

**98** CLASSIFICADOS

George Sand de França: na academia e no picadeiro (ITINERÁRIOS DE PESQUISA, P. 94)



## Trabalho invisível

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

**E**m uma sociedade cada vez mais dependente do processamento de dados, supercomputadores se tornam crescentemente importantes. Caracterizados por alta velocidade nas operações e grande capacidade de memória, realizam cálculos complexos em tempo ínfimo. Esses instrumentos são utilizados em diferentes áreas de pesquisa, como modelagens climáticas, astronômicas e farmacológicas, e no apoio a muitas atividades em diversos setores da economia, como energia e saúde.

Além de custar ao menos algumas centenas de milhões de reais, um supercomputador requer uma infraestrutura que sustentaria uma pequena cidade: subestações de energia elétrica, sistemas de refrigeração contínua que envolvem ar-condicionado e milhares de litros de água. A dimensão física de um instrumento desses chama a atenção: podem pesar até 40 toneladas e ocupar uma área de centenas de metros quadrados.

Na 62ª edição do ranking semestral Top500, com os maiores parques de supercomputadores comerciais em operação, o Brasil aparece em 11º lugar no agregado por país, com nove equipamentos, sua melhor colocação até agora. Os cinco primeiros são da Petrobras e, desses, a primazia é do Pégaso, que ocupa a 45ª posição no mundo e conta com 20% da capacidade do 10º colocado. O mais potente dedicado a pesquisa científica está no Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), do MCTI, mas não aparece na lista devido à sua arquitetura computacional.

A infraestrutura supercomputacional brasileira está em processo de expansão, o que deve impactar positivamente a pesquisa científica, mostra a reportagem de capa desta edição (*página 12*). O LNCC e o Inpe, cujas investigações utilizam

intensamente recursos computacionais, programam a modernização de seus equipamentos.

Ganhou bastante destaque na mídia, causando alarme, a notícia de que foram registrados casos de Alzheimer adquiridos por transmissão. O fato de o achado ter sido publicado em periódico científico de renome deu peso aos temores. Tipo mais comum de demência, a quase totalidade dos casos ocorre na forma esporádica, isto é, causada por fatores genéticos, ambientais e de estilo de vida.

Em reportagem esclarecedora, o editor de Ciências Biomédicas, Ricardo Zorzetto, contextualiza a descoberta, destacando que nos cinco casos registrados todos os pacientes haviam se submetido na infância a um tratamento com um hormônio de crescimento que não é mais usado há quase 40 anos (*página 48*). Além de tranquilizar os alarmados, a reportagem descreve um mecanismo que ajuda a explicar como a doença se espalha no cérebro, identificado por outros pesquisadores.

A redação da prova do Enem realizada em novembro passado teve como tema a invisibilidade do trabalho de cuidado realizado pela mulher no Brasil. Um dos materiais de apoio para o desenvolvimento do texto pelos estudantes foi a capa de *Pesquisa FAPESP* de janeiro de 2021, sobre o mesmo tema. A reportagem mostrava como o aumento na expectativa de vida da população e novos arranjos familiares ampliaram a demanda por serviços desse tipo.

Nesta edição, a repórter Christina Queiroz retorna ao tema, relatando que o Brasil prepara sua primeira política nacional de cuidados (*página 76*). Pesquisa expõe que, no país, são 24 milhões de profissionais dedicados a esse setor, que engloba uma variedade de atividades, como trabalhadoras domésticas, enfermeiras, cozinheiras e cabeleireiras.

# NOTAS



## Milhares de filhotes mortos

Uma variedade altamente contagiosa do vírus da gripe aviária H5N1 devastou as populações de elefantes-marinhos-do-sul (*Mirounga leonina*), na Argentina. Em outubro de 2023, ao percorrerem a península Valdés na região central do litoral do país, biólogos da Sociedade de Conservação da Vida Selvagem encontraram uma praia de 13 quilômetros coberta de cadáveres de elefantes-marinhos: 70% dos 1.891 filhotes haviam morrido. No mesmo local, na mesma época do ano anterior, a mortalidade tinha sido de 0,8% para 3.135 filhotes nascidos. Resultados semelhantes foram encontrados em outras praias. A estimativa é de que mais de 17.400 filhotes – ou 96% do total – possam ter morrido por causa do vírus, depois identificado no Serviço de Saúde

Animal do governo argentino. Em um dos locais examinados, onde se esperava encontrar milhares de filhotes desmamados, havia apenas 58. Essa perda equivale a quase uma geração inteira de elefantes-marinhos na região. Quando adultos, os machos dessa espécie são de três a quatro vezes maiores que as fêmeas. Os maiores podem pesar até 4 toneladas e medir mais de 6 metros (m), mas em geral os machos têm cerca de 2 toneladas e 4 m, ao passo que a média das fêmeas é de 500 quilogramas e 2,70 m. Com esse episódio, subiu para 345 o número de espécies conhecidas de aves e mamíferos que o vírus da gripe aviária consegue infectar (*Marine Mammal Science*, 25 de dezembro de 2023; *ScienceAlert*, 23 de janeiro).

A gripe aviária devastou as populações de elefantes-marinhos-do-sul na Argentina

## A Lua está encolhendo

A exemplo de uma uva que se enruga ao virar uma passa, a Lua está encolhendo e ganhando vincos. Mas, por não ser feito de matéria flexível como a fruta, o astro se deforma de modo mais violento. As falhas geológicas se multiplicam e terremotos e deslizamentos de terra se tornam mais comuns. A circunferência da Lua diminuiu mais de 45 metros nas últimas centenas de milhões de anos à medida que seu núcleo foi se resfriando. Pesquisadores da Nasa, a agência espacial norte-americana, e de universidades e institutos da América do Norte verificaram que a contração lunar provocou o surgimento de falhas tectônicas no polo sul lunar. Algumas regiões afetadas pelas deformações e instabilidades de terreno se situam em áreas cogitadas como local de pouso da missão Artemis 3, iniciativa da Nasa prevista para 2026 que pretende levar novamente astronautas para a Lua. “Nossa modelagem sugere que terremotos superficiais capazes de produzir fortes tremores de solo na região polar sul são possíveis de ocorrer a partir de eventos de deslizamento em falhas existentes ou em novas que venham a se formar”, diz o geólogo Thomas Watters, do Instituto Smithsonian, autor principal do estudo, em comunicado à imprensa. Para ele, essas informações devem ser levadas em conta no planejamento da localização de eventuais postos avançados permanentes na Lua (*The Planetary Science Journal*, 25 de janeiro).



O resfriamento do núcleo fez o satélite natural da Terra diminuir mais de 45 metros nas últimas centenas de milhões de anos

2

3



O benefício do carinho dos pais vai além do bem-estar mental

## Abraços pela saúde cardíaca

Tratar crianças de forma carinhosa, dando apoio emocional, tem efeitos positivos que vão além da saúde mental. Pessoas que crescem com esse tipo de cuidado têm melhores chances de uma boa saúde cardiovascular mais adiante na vida, mesmo que tenham sofrido abuso na infância, de acordo com estudo liderado por pesquisadores das faculdades de medicina das universidades de Nova York (NYU) e Estadual de Ohio (OSU), nos Estados Unidos. As análises incluíram 2 mil voluntários do estudo Cardia, que acompanha o risco cardiovascular no longo prazo. Nesse caso, foram avaliados parâmetros de saúde – dieta, tabagismo, atividade física, peso, teor de lipídios, pressão arterial e glicose em jejum – aos 25 anos e depois em intervalos de 7 e 20 anos. “Enquanto ambientes familiares adversos na infância foram associados a baixos índices de saúde cardiovascular na idade adulta, nossos achados sugerem que o cuidado protetor e, o que é essencial, estável, pode ter uma influência maior na saúde cardíaca posterior do que a adversidade inicial”, resume a pediatra Robin Ortiz, da NYU, em material para a imprensa na plataforma *EurekAlert* (*Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, 23 de janeiro).

# Ouro escondido em um mineral

No leito de um córrego no município mineiro de Morro do Pilar, os geólogos Alexandre Raphael Cabral, da Universidade Federal de Minas Gerais, e Antônio Seabra Gomes Jr., de uma empresa de exploração mineral, recolheram um grão de ouro de cerca de 1 milímetro de comprimento e, dentro dele, um mineral chamado sperrilita, isto é, um arseneto de platina, com 2 a 10 micrômetros. A surpresa veio depois. No grão polido pela geóloga Stephanie Lohmeier, da Universidade Técnica de Clausthal, Alemanha, os pesquisadores verificaram que, no mineral, átomos de ouro poderiam substituir os de arsênio, ainda que em uma proporção pequena: em 100 gramas (g) de sperrilita, o ouro corresponderia a 3,4 g. "Havia ouro suficiente e pouco arsênio para se ligar com a platina", diz Cabral. "A sperrilita aurífera comprova uma possibilidade que já havia sido vista teórica e experimentalmente." A descoberta sugere outra fonte eventual de platina e de ouro: os veios de quartzo formados sob baixas temperaturas, próximas a 350 °C, em decorrência de terremotos ocorridos há cerca de 500 milhões de anos, como em uma área de 230 quilômetros de extensão entre Ouro Preto e Diamantina (*The Canadian Journal of Mineralogy and Petrology*, 18 de janeiro).



Sperrilita, fonte habitual de platina



Pinturas rupestres ressaltadas com filtro no abrigo Rio Quebra-Perna II (em destaque), na região que abrange o Parque dos Campos Gerais (foto maior)

## Registros de arte rupestre no Paraná

Maior unidade de conservação do Paraná, a Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana é conhecida por suas araucárias e seus afloramentos rochosos, com formação de cânions. Agora, entra na conta uma riqueza arqueológica: mais de mil figuras pintadas por povos originários há centenas de anos, distribuídas em 277 painéis registrados em 52 sítios arqueológicos. O inventário de pinturas rupestres resulta do trabalho do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (Gupe) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Com registros em mais de 14 mil fotografias em alta resolução, torna-se possível estudar essas marcas, que incluem – em ordem de mais para menos comum – figuras incompletas ou manchas, formas geométricas, pinturas de animais e, mais raramente, representações de pessoas, plantas ou marcas de mãos carimbadas na parede. "Conhecer esse passado é preservar a nossa história mais primitiva, as raízes da ocupação humana em Ponta Grossa e região e a história dos primeiros povos que por aqui caminharam, viveram e se desenvolveram", afirmou a geóloga Laís Luana Massuqueto, da UEPG, em comunicado da universidade (Portal UEPG, 5 de dezembro de 2023).



## A sonotinta, para lesões internas

E se fosse possível tratar a fratura de um osso ou uma lesão em um órgão interno com a simples injeção de um líquido que aderisse aos tecidos e pudesse ser moldado para assumir a forma e o grau de rigidez desejados? Engenheiros das universidades Duke e Harvard, nos Estados Unidos, deram um primeiro passo, com um líquido compatível com tecidos biológicos que aumenta de viscosidade e pode assumir diferentes configurações quando exposto a ondas de ultrassom. Contendo hidrogéis e micropartículas sensíveis a essas ondas sonoras inaudíveis para os seres humanos, o líquido foi apelidado de sonotinta. Três testes em laboratório mostraram a viabilidade da ideia. Em um deles, os pesquisadores usaram um cateter para depositar a sonotinta em uma pequena cavidade do coração de uma cabra e depois aplicaram ondas de ultrassom para alterar a rigidez do material e fazê-lo assumir a configuração desejada. O restauro suportou as deformações impostas pelos batimentos cardíacos. Uma potencial vantagem dessa técnica é que ela permite moldar o material biocompatível em estruturas mais profundas do que estratégias que usam a luz (*Science*, 7 de dezembro).



Uma liana gigante  
(*Entada puseatha*)  
de uma floresta  
do Sri Lanka

## Trepadeiras avançam em florestas

Em florestas tropicais úmidas como a Amazônia e a Mata Atlântica, desmatamento, chuvas escassas e temperaturas altas favorecem o crescimento de lianas, um tipo de trepadeira lenhosa (com ramos de madeira) que cresce com rapidez sobre as árvores. Em florestas degradadas, podem proliferar em excesso e prejudicar o crescimento das árvores. Liderada por pesquisadores da Austrália, com a participação do geógrafo alemão Christoph Gehring, da Universidade Estadual do Maranhão, uma equipe internacional analisou 651 amostras de vegetação representando 26.538 lianas e 82.802 árvores de 556 locais dos cinco continentes, incluindo o Brasil. O estudo verificou que a entrada de mais luz causada pelo corte de árvores e a elevação da temperatura média abrem caminho para a dominância por lianas. Temperaturas médias anuais acima de 27,8 graus Celsius (°C) favorecem mais o crescimento das lianas do que o das árvores. Nos próximos anos, concluiu o trabalho, a intensificação do calor e das intervenções humanas pode desregular a proporção entre lianas e árvores, reduzir a absorção de carbono pelas matas e dificultar a recuperação de florestas degradadas (*Global Change Biology*, 19 de janeiro).

## Nariz eletrônico para candidíase

Um sensor detecta metano, outro propano, um terceiro aminas e odores sulfurados. Em conjunto, seis sensores, durante 20 segundos, identificam os compostos orgânicos voláteis liberados por colônias supostamente do fungo *Candida* que crescem em uma placa de Petri. Em seguida, as informações passam por um programa de computador que usa inteligência artificial e indica se se trata mesmo do microrganismo responsável pela candidíase, infecção oportunista relativamente comum em mulheres e em pessoas com defesa imunológica baixa, que, antes de ser corretamente diagnosticada, pode ser confundida com reações alérgicas, dermatites ou herpes genital. Assim funciona um dispositivo desenvolvido na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) chamado de nariz eletrônico – versões similares já são usadas para identificar gases tóxicos ou contaminação em alimentos (ver Pesquisa FAPESP nº 228). Em minutos, a técnica diferencia sete espécies de *Candida*, enquanto as análises laboratoriais hoje utilizadas demoram de três a sete dias. Os testes registraram uma acurácia de 95,87% a 97,70% (*Scientific Reports*, 10 de janeiro).



*Candida* sp.,  
causadora de  
infecção  
oportunistas, vista  
ao microscópio

Leão de um  
parque nacional  
da África do Sul  
visto durante  
um safári



## O valor econômico da vida selvagem

Para estimular os investimentos públicos em conservação ambiental e ecoturismo, a Escola de Conservação da Vida Selvagem da Universidade de Liderança Africana (ALU) divulgou o primeiro Índice de Investimento na Economia da Vida Selvagem (Weii) para a África. Com 280 indicadores em 34 conjuntos de dados, o Weii avalia as práticas de gestão da vida selvagem, facilidade de fazer negócios, capacidade do setor público e segurança do investimento nos 54 países do continente. Os mais qualificados foram África do Sul, com uma pontuação global de 63,12 em 100, seguida por Seychelles (62,84) e Ilhas Maurício (58,66), enquanto a Somália obteve a pontuação mais baixa (22,19). Tanzânia liderou em riqueza de espécies, com 43,94 pontos, Marrocos se destacou em gestão da vida selvagem (74,92), Ilhas Maurício obtiveram a melhor pontuação em facilidade de fazer negócios (74,6) e Seychelles estiveram na frente em eficiência do setor público (79,46). “Ao encarar a vida selvagem como um ativo para o desenvolvimento econômico sustentável que merece investimento e conservação, os governos africanos podem aproveitar vastas oportunidades de emprego e negócios ecológicos”, comentou Veda Sunassee, diretor da ALU, à *Nature Africa*. As atividades econômicas ligadas à vida selvagem representam um mercado de US\$ 250 bilhões por ano na África (Weii, 20 de novembro de 2023; *Nature Africa*, 26 de janeiro).

## Mais sal no solo, no ar e na água

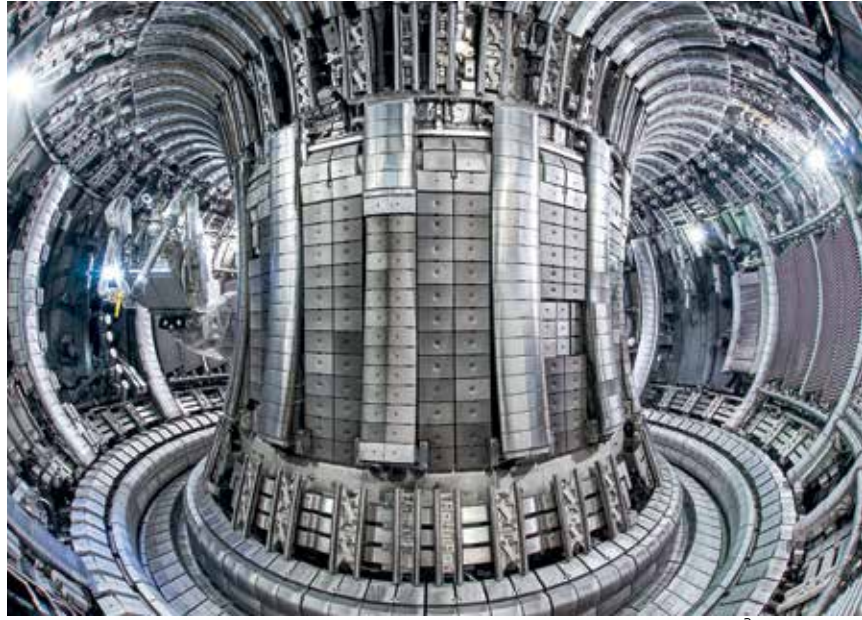
Todo ano, os Estados Unidos espalham 44 milhões de toneladas de sal, o equivalente a 44% do consumo anual, para derreter o gelo de estradas durante o inverno, aumentando a salinidade de rios próximos a cidades. Essas e outras ações humanas, como mineração e práticas agrícolas, aceleram o ciclo natural do sal e o espalham na atmosfera, no solo e nos rios. Além de representar um risco para a manutenção da biodiversidade e dificultar a obtenção de água doce potável, íons de sal podem gerar compostos nocivos ao se ligar a contaminantes do solo. Um levantamento liderado pelo geólogo Sujay Kaushal, da Universidade de Maryland, nos Estados Unidos, concluiu que uma área equivalente ao território desse país sofreu um processo de salinização nos últimos 50 anos. “Se pensarmos no planeta como um organismo vivo, acumular tanto sal pode afetar o funcionamento de órgãos vitais ou ecossistemas”, comentou Kaushal em um comunicado da National Science Foundation (NSF). “Remover o sal da água consome muita energia e é caro, e o subproduto da salmoura que se obtém é mais salgado do que a água do oceano e não pode ser facilmente descartado” (*Nature Reviews Earth & Environment*, 31 de outubro de 2023; *Newsletter* da NSF, 4 de janeiro).

Caminhão  
despeja sal para  
derreter a neve  
em estrada  
de Minnesota,  
Estados Unidos



# O fim de um reator de fusão nuclear

Começou em dezembro de 2023 e deve terminar em 2040 a desmontagem do Joint European Torus (JET), um dos mais importantes reatores de fusão nuclear do mundo. Em operação desde junho de 1983 no Centro Culham de Energia de Fusão (CCFE), em Oxfordshire, no Reino Unido, o equipamento foi o primeiro a fazer um experimento com deutério e trítio (átomos de hidrogênio com um e dois nêutrons, respectivamente) em 1991 e quebrou o recorde de quantidade de energia criada por meio da fusão em 2022. Funcionou pela última vez em dezembro de 2023. Sua desativação foi consequência da saída do Reino Unido da Comunidade Europeia da Energia Atômica (Euratom), que financiava a pesquisa com o reator. Os engenheiros pretendem reciclar as peças do reator, incluindo o trítio, que poderia ser reutilizado como combustível. O JET é um teste para o Reator Termonuclear Experimental Internacional (ITER), um reator de fusão de US\$ 22 bilhões que está sendo construído no sul da França com o propósito de demonstrar a viabilidade da fusão como fonte de energia. Ambos são reatores do tipo tokamak, que confina o gás em suas cavidades em forma de donut. O JET usa ímãs para comprimir um plasma de isótopos de hidrogênio, 10 vezes mais quente que o Sol, até que os núcleos se fundam (*Nature*, 22 de janeiro).



Interior do JET, com ímãs para comprimir isótopos de hidrogênio

3

Esta libélula voa com menos esforço do que insetos menores



## Viscosidade do ar atrapalha o voo de insetos pequenos

A maioria dos insetos tem asas e voa. Mas as alterações anatômicas e os mecanismos envolvidos nessa forma de movimentação alada são diferentes em razão do tamanho de cada espécie. Os chamados insetos-miniaturas, com comprimento de asa entre 0,3 e 4 milímetros (mm), contam com adaptações particulares para vencer a viscosidade do ar. Essa propriedade, que representa a resistência de um fluido (líquido ou gás) a mudanças em sua forma, não afeta muito a dinâmica de voo de insetos maiores, como moscas, abelhas, mariposas e libélulas, cujo comprimento de asas varia entre 5 e 50 mm. Mas em espécies dimi-

nutas, como a vespa *Encarsia formosa* e o besouro voador *Paratuposa placentis*, é um obstáculo considerável a ser vencido para a locomoção aérea. "Um inseto-miniatura se move no ar como uma abelha se movimentaria no interior do óleo mineral", compara Mao Sun, da Universidade Beihang, de Beijing, na China, autor do estudo. As adaptações aerodinâmicas dos insetos menores, ainda pouco estudadas, incluem desde a natureza de sua batida de asas até a própria estrutura desses membros. Algumas espécies contam com asas porosas ou com cerdas para facilitar o voo (*Reviews of Modern Physics*, 12 de dezembro).

4

CAPA

# COMPUTAÇÃO DE ALTO DESEMPENHO



Santos Dumont, do LNCC: upgrade fará com que ele se torne o mais rápido do país

Expansão do supercomputador Santos Dumont e aquisição de novas máquinas por Inpe, Unicamp e consórcio de universidades paulistas ampliarão o poder de processamento de dados no país

**Domingos Zaporolli**

**O** Brasil projeta avanços significativos em sua infraestrutura de supercomputadores, com impacto sobre os recursos de computação de alto desempenho (HPC) disponíveis para a pesquisa científica. As principais iniciativas são do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), em Petrópolis, na região serrana do Rio de Janeiro, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), em Cachoeira Paulista, no interior paulista, duas instituições vinculadas ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e do Centro para Computação em Engenharia e Ciências da Universidade Estadual de Campinas (CCES-Unicamp).

Um supercomputador consiste em milhares de pequenos computadores chamados nós. Cada nó é equipado com sua própria memória e vários processadores. Atuando em conjunto, eles são capazes de realizar cálculos extremamente complexos em elevada velocidade, na casa dos quintilhões ( $10^{18}$ ) de operações por segundo. Essas supermáquinas são uma poderosa ferramenta de pesquisa e também dão suporte a setores da economia como defesa, energia e saúde. Equipamentos mais potentes, explicam especialistas, possibilitam que cientistas resolvam problemas complexos em menor tempo.

Esses equipamentos podem apoiar estudos em diferentes áreas, como simulações da formação do Universo para compreender sua evolução, modelagem molecular na busca por novos fármacos e previsão do tempo e ocorrência de eventos climáticos extremos. Eles também são usados para ampliação de fronteiras de exploração de óleo e gás, pesquisa de novos materiais, desenvolvimento de projetos aeroespaciais e elaboração do potencial energético de fontes renováveis de energia.

“Com a incorporação da inteligência artificial nas atividades econômicas e sociais, a necessidade de supercomputadores capazes de lidar de forma eficiente com grande volume de dados e oferecer respostas rápidas às demandas será cada vez maior”, avalia o cientista da computação Paulo José da Silva e Silva, do Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica (Imecc) da Unicamp.

**O** LNCC programa para este ano a expansão do poder computacional do Santos Dumont, máquina dedicada exclusivamente à investigação acadêmica, que deverá passar a ocupar, com o upgrade, o posto de mais potente do país. Hoje, o SDumont, como é mais conhecido, tem capacidade computacional de 5,1 petaflops. Com a atualização, chegará a algo entre 22 e 25 petaflops – flops é um acrônimo em inglês para operações de ponto flutuante ou cálculos por segundo.

Cada petaflops equivale à capacidade de processar 1 quatrilhão ( $10^{15}$ ) de operações matemáticas por segundo. O SDumont processa 5,1 quatrilhões de operações matemáticas em apenas 1 segundo. Se a mesma operação fosse realizada em computadores pessoais modernos, seriam necessários 24,5 mil aparelhos trabalhando em conjunto (ver *infográfico na página 16*).

Hoje, o maior supercomputador da América Latina é o Pégaso, da Petrobras, adquirido em 2022 da empresa francesa Atos por R\$ 300 milhões. Ele entrou em operação em dezembro daquele ano com poder para processar 21 petaflops. O equipamento figura na 45ª posição no ranking independente Top500, divulgado em novembro de 2023, que lista as máquinas mais potentes do mundo.

A 62ª edição do levantamento, lançado pela primeira vez em 1993, foi elaborada por pesquisadores da Universidade do Tennessee, do Laboratório Nacional Lawrence Berkeley e do National Energy Research Scientific Computer Center (NERSC), todos nos Estados Unidos.

O Brasil tem nove supercomputadores na relação – o melhor desempenho desde 1993, quando o Top500 começou a ser elaborado – e ocupa a 11ª colocação entre as nações com os maiores parques



de supercomputadores (ver *infográfico na página 21*). A Petrobras é dona de seis dessas máquinas. As outras três pertencem à empresa de softwares MBZ – os equipamentos NOBZ1 e A16A, ambos com arquitetura Lenovo – e à companhia de softwares e pesquisa SiDi – o supercomputador Iara, com tecnologia Nvidia, voltado a investigações na área de inteligência artificial (ver *infográfico na página 17*). Por uma questão técnica, o Santos Dumont não foi avaliado. O ranking só considera equipamentos com arquitetura computacional homogênea, ou seja, dotados de nós computacionais com a mesma configuração. Não é o caso da máquina do LNCC, que tem quatro arquiteturas distintas trabalhando em conjunto.

O líder do ranking é o Frontier, primeiro supercomputador na casa do exaflops, com capacidade de processar 1 quintilhão de operações por

O técnico Ruy Marvulle Bueno configura o supercomputador Coaraci, da Unicamp, para disponibilizá-lo aos usuários

## O UNIVERSO DOS FLOPS

Unidade de medida equivale ao número de cálculos matemáticos que um computador faz por segundo

- Mega**flops = 1 milhão ( $10^6$ ) de operações por segundo
- Giga**flops = 1 bilhão ( $10^9$ ) de operações por segundo
- Tera**flops = 1 trilhão ( $10^{12}$ ) de operações por segundo
- Peta**flops = 1 quatrilhão ( $10^{15}$ ) de operações por segundo
- Exa**flops = 1 quintilhão ( $10^{18}$ ) de operações por segundo

FONTE WILLIAN WOLF (UNICAMP)



Pégaso, da Petrobras: em operação desde 2015, é o maior supercomputador da América Latina e o 45º mais rápido do mundo

segundo, do Laboratório Nacional de Oak Ridge, nos Estados Unidos (ver reportagem na página 20).

A Petrobras será a responsável pelo investimento orçado em cerca de R\$ 100 milhões para o upgrade do SDumont. “Nossa expectativa é de que a instalação das atualizações seja concluída entre julho e agosto”, diz o matemático Wagner Vieira Léo, coordenador de Tecnologia da Informação e Comunicação do LNCC.

#### MARCO NA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

O SDumont entrou em operação em 2015 e foi a primeira estrutura de computação do país com capacidade em petaflops – na época, 1,1. Em 2019, foi reconfigurado para 5,1 petaflops com apoio do consórcio petrolífero Libra, liderado pela Petrobras. Ele atua como nó central (Tier-0) do Sistema Nacional de Processamento de Alto Desempenho

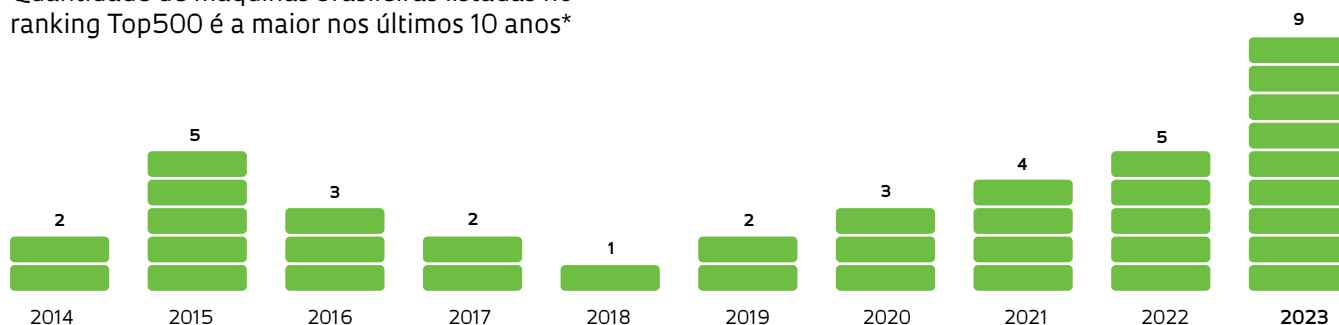
(Sinapad), composto por nove unidades de HPC vinculadas ao MCTI.

Até dezembro de 2023, o SDumont já havia sido utilizado em 430 projetos de pesquisa, que proporcionaram 1.044 artigos científicos, 43 livros ou capítulos de livros, 398 dissertações de mestrado ou teses de doutorado e 11 patentes. Hoje, ele tem mais de 2 mil usuários ativos. “O Santos Dumont é um marco na produção científica brasileira. Antes dele, o pesquisador precisava buscar parcerias no exterior para realizar seus trabalhos”, afirma Léo.

Entre as contribuições recentes do equipamento, está o sequenciamento de 19 genomas do coronavírus, tarefa realizada em 48 horas por pesquisadores do LNCC e das universidades federais de Minas Gerais (UFMG) e do Rio de Janeiro (UFRJ) em março de 2020, um mês depois dos primeiros casos confirmados de Covid-19 no Brasil.

## FORTE EVOLUÇÃO

Quantidade de máquinas brasileiras listadas no ranking Top500 é a maior nos últimos 10 anos\*



\* O SANTOS DUMONT NÃO FOI AVALIADO PELO RANKING TOP500

FONTE 62ª EDIÇÃO DO RANKING TOP500

# POR DENTRO DE UM SUPERCOMPUTADOR

Dotado de milhares ou até milhões de núcleos de processamento de alto desempenho, o equipamento pode pesar entre 20 e 40 toneladas

Alta velocidade de processamento e grande capacidade de memória são as duas principais características dos supercomputadores. Eles são formados por um conjunto de máquinas que atuam de forma integrada e pesam em média entre 20 e 40 toneladas. Os equipamentos são distribuídos em racks enfileirados e ocupam uma sala específica refrigerada. O Frontier, mais potente supercomputador do mundo, conta com 74 racks que ocupam uma sala de 680 metros quadrados.

O Santos Dumont, supercomputador do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), fica na cidade serrana de Petrópolis (RJ), que tem clima ameno, e ainda

assim demanda três geradores de 750 quilovolts-ampère (kVA) cada um, sendo dois em funcionamento e um para substituição, em caso de necessidade. É necessário 1.500 kVA para manter o sistema funcionando e a refrigeração contínua.

A velocidade de processamento de um supercomputador é estipulada conforme a rapidez que ele processa operações (flops). Os aparelhos mais potentes da atualidade processam operações na faixa de dezenas ou centenas de petaflops – cada petaflops equivale a 1 quatrilhão ( $10^{15}$ ) de operações matemáticas por segundo – ou, na dimensão de exaflops, 1 quintilhão ( $10^{18}$ ) de operações matemáticas por segundo.

Para realizar essa tarefa, essas supermáquinas somam milhares ou milhões de núcleos de processamento de alto desempenho, entre unidades de processamento central (CPU) e unidades de processamento gráfico (GPU). Com capacidade computacional de 5,1 petaflops, o Santos Dumont tem 36.472 núcleos de CPU e 1.134 nós computacionais.

A memória volátil ou RAM (*random access memory*) de um notebook comum varia entre 2 e 32 gigabytes (GB). Em um supercomputador, ela é medida em terabyte (TB, que equivale a mil GB). O Pégaso, da Petrobras, com 21 petaflops de capacidade de processamento, tem uma memória RAM de 678 TB.

## DIFERENÇA ABISMAL

Compare a diferença do poder computacional dos supercomputadores e de um notebook comum



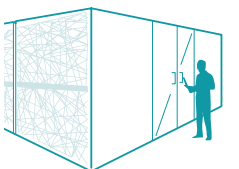
**Notebook**  
(208 gigaflops)

208 bilhões de cálculos matemáticos por segundo



**Coaraci**  
(801 teraflops)  
801 trilhões de cálculos por segundo

3,8 mil vezes mais rápido do que o notebook



**Santos Dumont**  
(5,1 petaflops)  
5,1 quatrilhões de cálculos por segundo

24,5 mil vezes mais rápido do que o notebook



**Frontier**  
(1,19 exaflops)  
1,19 quintilhão de cálculos por segundo



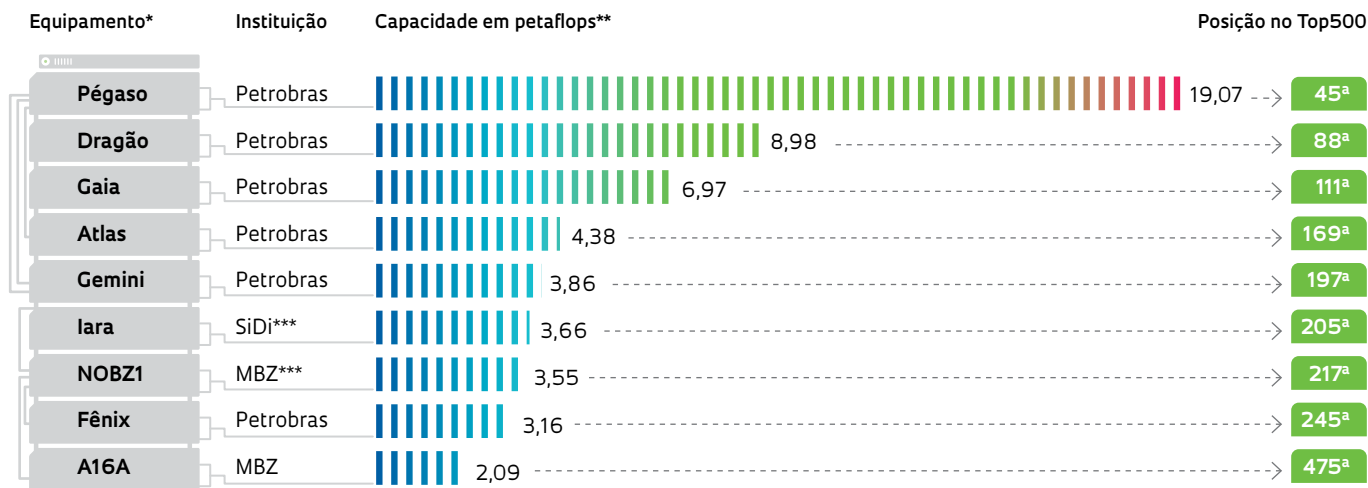
Santos Dumont também auxiliou cientistas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e da Fundação Oswaldo Cruz em Pernambuco (Fiocruz Pernambuco) no desenvolvimento de uma candidata à vacina contra o vírus zika. Ainda na área médica, o equipamento permitiu que equipes do Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP) e do Laboratório de Modelagem em Hemodinâmica (HeMoLab) do LNCC criassem modelos computacionais que simulassem o escoamento sanguíneo em artérias coronárias para o diagnóstico de risco de infarto do miocárdio.

“Hoje, a computação de alto desempenho está presente em quase todas as áreas da pesquisa científica. Até mesmo em humanidades se utiliza a análise avançada de dados no apoio à definição de políticas públicas”, exemplifica Silva, do Imecc-Unicamp, que também é o coordenador



# SUPERMÁQUINAS BRASILEIRAS

Noves dos 500 supercomputadores mais potentes do mundo estão instalados no país



\* O SANTOS DUMONT NÃO FOI AVALIADO PELO RANKING TOP500 \*\* A CAPACIDADE AFERIDA PELO TOP500 PODE VARIAR EM RELAÇÃO AO VALOR DIVULGADO PELAS INSTITUIÇÕES \*\*\* EMPRESAS DE SOFTWARE E PESQUISA

FONTE 62ª EDIÇÃO DO RANKING TOP500

do Centro Nacional de Processamento de Alto Desempenho em São Paulo (Cenapad-SP), uma das estruturas HPC que compõem o Sinapad.

O principal equipamento do centro paulista é o supercomputador Lovelace, adquirido em 2021 com recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e expandido em 2023 com o apoio da FAPESP. Nomeada em homenagem à matemática inglesa pioneira da computação, a máquina fabricada pela Dell Technologies apresenta em sua configuração atual capacidade de processamento de 388 teraflops. Cada teraflops proporciona 1 trilhão de operações por segundo. O centro também é aparelhado com o Tyr, que utiliza o sistema IBM Power 750, com capacidade de 37 teraflops. No total, os equipamentos do centro disponibilizam 425 teraflops de processamento.

Desde 1994, quando foi constituído o Cenapad-SP, até o final de 2023, as pesquisas feitas no centro geraram em torno de 4,4 mil publicações acadêmicas, 294 teses de doutorado e 331 dissertações de mestrado. Hoje são 221 projetos ativos

e 737 usuários de todo o país. “A infraestrutura tem 100% de ocupação e ainda há uma grande demanda represada na fila de espera”, relata o pesquisador da Unicamp.

Léo, do LNCC, e Silva compartilham a visão de que, após a atualização do SDumont, a principal prioridade da computação de alto desempenho no país voltada à pesquisa acadêmica é o upgrade da infraestrutura das demais unidades do Sinapad, uma vez que todas apresentam demanda de uso maior do que a capacidade de processamento (ver box na página 18).

Em janeiro deste ano, um primeiro reforço tornou-se realidade. O Coaraci, “mãe do dia” em tupi, novo supercomputador do CCES-Unicamp, passou por testes em dezembro de 2023 e foi disponibilizado para a comunidade acadêmica no mês seguinte. É uma máquina Dell de 801 teraflops, adquirida com apoio do Centro de Engenharia e Ciências Computacionais (CECC), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) financiados pela FAPESP.

5,7 milhões de vezes mais rápido do que o notebook

“É o computador mais potente dentro de uma universidade brasileira e receberá pesquisas nas mais diversas áreas de interesse científico. Nossa avaliação preliminar é de que o Coaraci terá uma ocupação intensa, 24 horas por dia, sete dias por semana”, diz o engenheiro mecânico William Wolf, assessor técnico do CCES. O equipamento foi instalado no Centro de Computação John David Rogers, abrigado no Instituto de Física Gleb Wataghin da Unicamp.

Para Wolf, que é coordenador do Laboratório de Ciências Aeronáuticas da Unicamp, o Coaraci irá viabilizar trabalhos que eram difíceis de ser realizados por equipes brasileiras. As pesquisas aeroespaciais feitas na Unicamp, por exemplo, rodam em supercomputadores nos Estados Unidos e na França, um processo que leva em média seis meses por conta das longas filas e da burocracia com a preparação e a revisão de projetos internacionais. Além disso, esses projetos precisam entrar em uma fila de espera global e muitas vezes os resultados precisam ser compartilhados com grupos estrangeiros antes de ser processados.

“Esses dados são extremamente difíceis de obter, e nosso maior interesse é tratá-los. Em outros casos, os dados são sensíveis mesmo, pois se trata de inovação tecnológica”, explica Wolf. “Com o Coaraci, vamos fazer as pesquisas localmente, de forma rápida e segura, sem a necessidade de compartilhar dados que, em muitos casos, podem ser estratégicos para o desenvolvimento tecnológico no Brasil.”

O Inpe, instituição que também forma o Sinapad, dará início ao processo de licitação que levará à compra de um novo supercomputador capaz de aprimorar a previsão climática no país. O investimento programado é de R\$ 200 milhões em recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). O valor será empregado em equipamentos e infraestrutura física nas instalações do instituto em Cachoeira Paulista (SP) voltados a dar o adequado suporte à máquina.

“O investimento será executado em etapas, iniciando-se este ano e com conclusão prevista para 2027”, detalha o doutorando em engenharia e tecnologia espaciais Ivan Márcio Barbosa, coordenador de Infraestrutura de Dados e Supercomputação do Inpe.

**A** primeira fase tem orçamento previsto de R\$ 47,5 milhões para a aquisição de equipamentos que vão gerar poder computacional de aproximadamente 2 petaflops. Ao final do processo em 2027, o sistema de alto desempenho do Inpe deverá somar 8 petaflops – capacidade cerca de 15 vezes superior à da supermáquina atual do instituto, o Tupã, adquirido em 2010, que oferece 550 teraflops (ver Pesquisa FAPESP nº 306).

Supercomputadores usam muita energia para alimentação elétrica e refrigeração. O Tupã, informa Barbosa, tem um custo anual de eletricidade

## SÃO PAULO TERÁ NOVO CENTRO DE COMPUTAÇÃO DE ALTO DESEMPENHO

Consórcio formado por sete universidades contará com supercomputador de 5 petaflops

Em um ano, um novo supercomputador, com capacidade em torno de 5 petaflops, deverá entrar em funcionamento no país. A máquina equipará o recém-criado Centro de Supercomputação Científica do Estado de São Paulo (C3SP), uma das duas unidades contempladas com recursos de uma chamada lançada pela FAPESP e pelos ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e das Comunicações (MCom) para apoio a centros de computação de alto desempenho.

“Essa é uma demanda antiga das instituições de pesquisa do estado, responsáveis por cerca de 60% do uso do Santos Dumont, o supercomputador do LNCC”, diz o meteorologista Pedro Leite da Silva Dias, diretor-executivo do C3SP. “Se quisermos ter um impacto maior

da pesquisa feita aqui, precisamos de máquinas competitivas.”

O C3SP é formado pelas três universidades estaduais de São Paulo (USP, Unicamp e Unesp), pelas quatro federais (UFABC, UFSCar, Unifesp e ITA) e as privadas FEI e Mauá. “Um edital para a compra do equipamento e a seleção de um centro de processamento de dados empresarial para abrigá-lo será lançado em breve. Optamos por um lugar neutro para não descaracterizar o conceito de consórcio”, explica Dias.

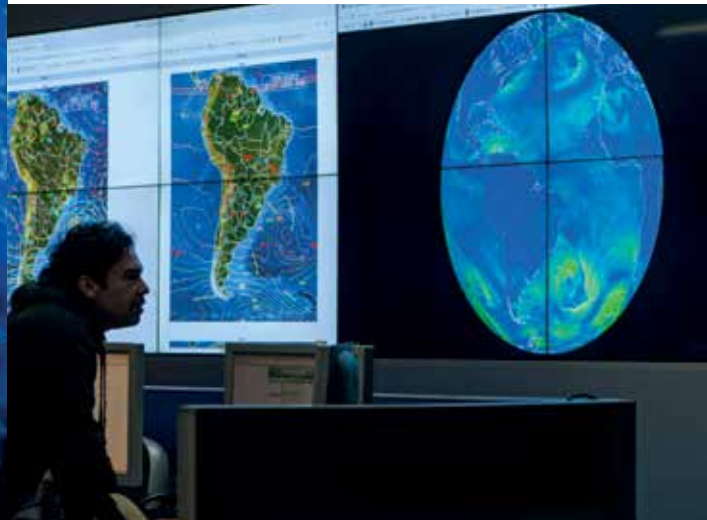
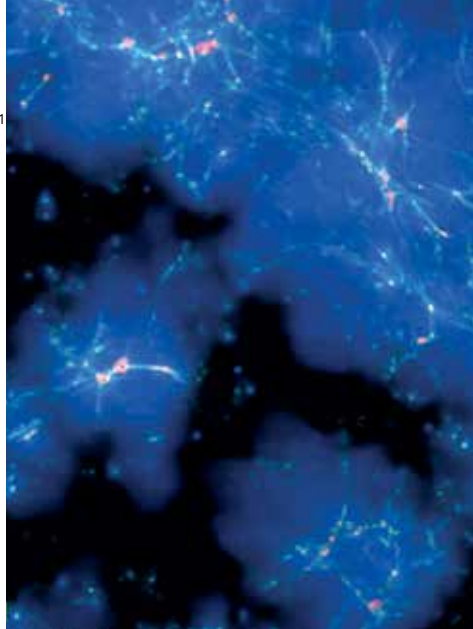
A segunda proposta contemplada foi o Centro de Computação de Alto Desempenho do Sinapad, o Sistema Nacional de Processamento de Alto Desempenho. “Nosso projeto insere-se em um contexto estratégico para a supercomputação no país, que é a revitalização do Sinapad”, afirma Antônio

Tadeu Gomes, coordenador-executivo da proposta e pesquisador do LNCC.

Os recursos, da ordem de R\$ 50 milhões, mesmo valor destinado ao C3SP, serão usados na atualização de cinco unidades do Sinapad: o Centro Nacional de Supercomputação, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o Núcleo de Computação de Alto Desempenho, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, o Instituto Metrópole Digital, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, e os Centros Nacionais de Processamento de Alto Desempenho de Minas Gerais e do Ceará.

O poder computacional agregado dos cinco centros hoje é próximo de 700 teraflops. Com a revitalização, deverá crescer para algo entre 4 e 8 petaflops. “Essas unidades apoiarão a pesquisa científica em diferentes regiões do país”, destaca Gomes.

Supercomputadores são fundamentais em pesquisas que simulam a formação do Universo (ao lado), na previsão do tempo e clima (à dir.) e no desenvolvimento de projetos aeronáuticos (abaixo)



casa dos 90%, para as próximas 48 horas. Passados sete dias, fica abaixo de 50%”, diz Barbosa.

O Tupã não será desativado. “Enquanto houver peças de reposição disponíveis, a máquina será dedicada a projetos de pesquisas científicas na área de tempo e clima”, afirma o pesquisador. Atualmente essa tarefa no Inpe é realizada em um *cluster* de processamento de alto desempenho, um conjunto de máquinas menores que alcançam uma determinada capacidade de processamento. O Egeon, o *cluster* do Inpe, tem poder computacional de 200 teraflops.

### A CHEGADA DE GAIA

A infraestrutura de alto desempenho voltada à pesquisa no Brasil também foi reforçada em 2023 com a aquisição por R\$ 76 milhões pela Petrobras do supercomputador Gaia, de 7,7 petaflops, montado pela Dell. O Gaia entrou em operação em agosto do ano passado e é utilizado exclusivamente pelo Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação da Petrobras (Cenpes). Seu objetivo é desenvolver e aperfeiçoar tecnologias ligadas à geofísica, entre elas ferramentas de processamento de imagens sísmicas, que usam ondas sonoras refletidas para criar uma espécie de tomografia computadorizada da subsuperfície da Terra.

No final de 2022, a Petrobras somava uma capacidade de processamento de 63 petaflops e anunciou a meta de alcançar 80 petaflops, sem especificar a data em que planeja atingir esse objetivo. Além do Gaia, também entrou em operação em 2023 o Gemini, dotado de 3,9 petaflops. Na área de produção, os supercomputadores da petrolífera são utilizados principalmente nas atividades de processamento sísmico e engenharia de reservatórios. No primeiro caso, o objetivo é determinar a presença de petróleo e a melhor área de perfuração de poços; no segundo, a finalidade é estudar o comportamento do óleo armazenado. ■

dade de R\$ 4,8 milhões. Sua refrigeração, como na maioria dos supercomputadores, conta com um sistema misto que envolve ar condicionado e água – são 40 mil litros circulando em circuito fechado. Para receber o novo supercomputador, o Inpe implantará uma subestação de energia elétrica de 138 quilowatts de pico (kWp) e renovará sua infraestrutura elétrica, de ar condicionado e água tratada. Também implementará uma usina de geração de energia solar fotovoltaica com capacidade inicial de 300 kWp.

A renovação do sistema de previsão climática incluirá ainda uma nova modelagem de previsão numérica de tempo e clima, batizada de Monan (Modelo para Previsão dos Oceanos, Superfícies Terrestres e Atmosfera), ainda em desenvolvimento. Segundo informações preliminares divulgadas pelo Inpe, além dos métodos tradicionais baseados em solução de equações físicas, o Monan usará inteligência artificial e aprendizado de máquina para prever o início e o fim de chuvas e eventos climáticos extremos com antecedência de três dias e a previsão das tendências climáticas com uma antecipação de três meses. “Hoje, nossas previsões são para até 15 dias, mas a precisão só é alta, na

# A ERA DO EXAFLOPS

Com poder para realizar 1 quintilhão de cálculos matemáticos por segundo, o Frontier inaugura novo patamar de processamento de dados

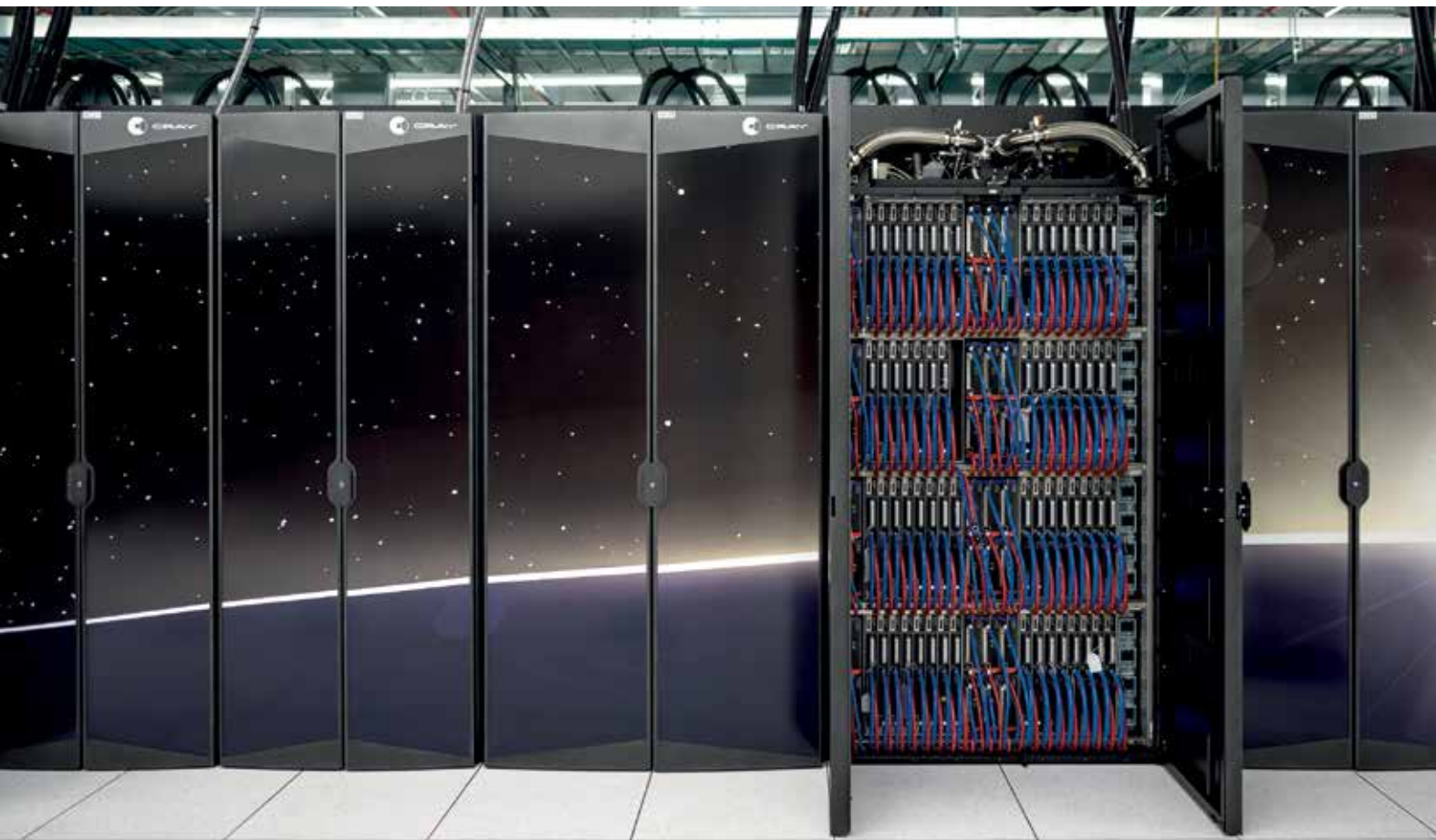
Domingos Zapparoli

**O** Frontier, desenvolvido pela norte-americana Hewlett Packard Enterprise (HPE), foi o primeiro supercomputador em escala exaflops do mundo. Um exaflops equivale à capacidade de realizar 1 quintilhão de operações matemáticas por segundo. Máquinas na escala de exaflops têm poder computacional equivalente ao de 5,7 milhões de notebooks.

Hospedado no Laboratório Nacional de Oak Ridge, no Tennessee, instituição de pesquisa vinculada ao Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), o Frontier entrou em operação em maio de 2022 com 1,102 exaflops e foi atualizado no fim do mesmo ano para 1,194 exaflops. Esse desempenho garantiu à máquina a liderança da 62ª edição do ranking Top500 dos equipamentos mais potentes do mundo, divulgado em novembro de 2023.

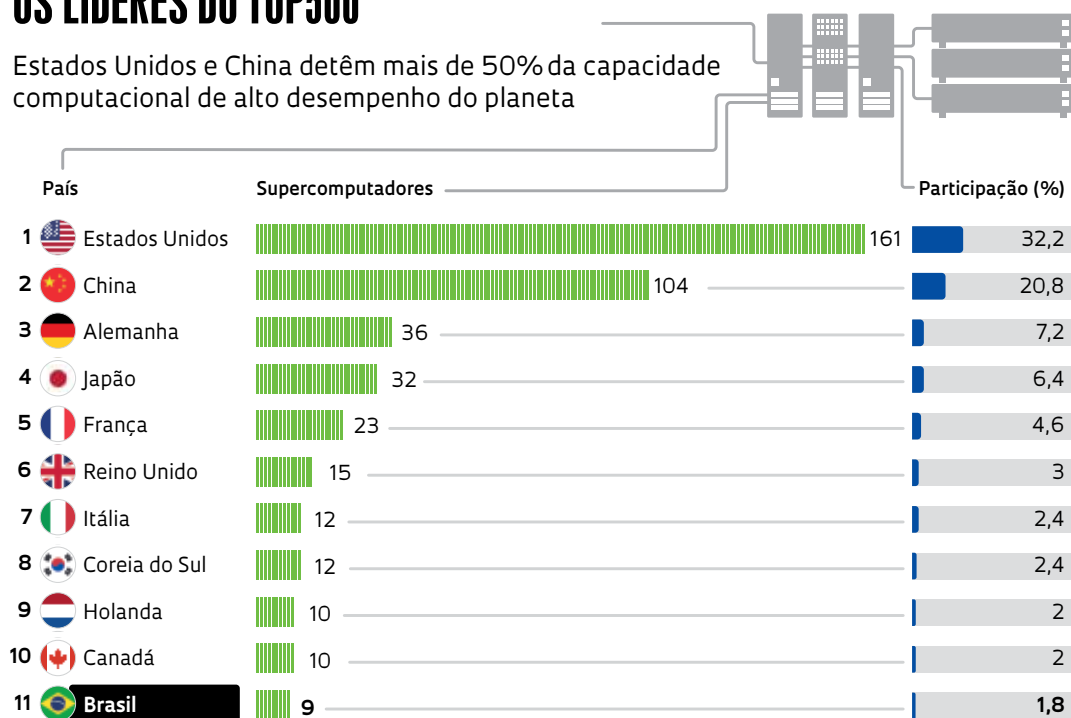
O vice-líder da lista é o também norte-americano Aurora, da Intel e HPE, pertencente ao Laboratório Nacional Argonne, em Lemont, nos Estados Unidos, e administrado pela Universidade de Chicago. Com 585,3 petaflops, foi projetado para ter um total de 2 exaflops, o que fará dele o mais potente do mundo. A máquina também integra a estrutura de pesquisas do DOE.

O supercomputador Eagle, da Nvidia, com 561,2 petaflops, usado pela Microsoft como sua plataforma de computação em nuvem Azure; a máquina Fugaku, de 442 petaflops, montada pela



# OS LÍDERES DO TOP500

Estados Unidos e China detêm mais de 50% da capacidade computacional de alto desempenho do planeta



FONTE: 62ª EDIÇÃO DO RANKING TOP500

Fujitsu para o Centro Riken de Ciência Computacional (R-CCS) em Kobe, no Japão; e o finlandês Lumi, instalado no data center da empresa estatal CSC, em Kajaani, na Finlândia, com 379 petaflops, completam o top 5 do ranking.

A partir da 16ª posição, os supercomputadores têm menos de 50 petaflops, o que revela o abismo que existe entre as novas capacidades em exaflops e o universo do atual parque instalado de computação de alto desempenho (HPC) no mundo.

O projeto em desenvolvimento com maior capacidade computacional é o Condor Galaxy, que pretende ser uma rede de nove supercomputadores interconectados com poder de processamento total de 36 exaflops. A iniciativa resulta de uma parceria entre as empresas Cerebras Systems, dos Estados Unidos, e G42, dos Emirados Árabes Unidos, que atuam na área de inteligência artificial.

Os valores não são oficiais, mas a imprensa especializada norte-americana estima que o investimento para a construção de um supercomputador na categoria de exaflops situe-se na casa de US\$ 500 milhões. Estados Unidos, Japão e Coreia do Sul estão entre os principais fabricantes de supercomputadores do mundo. O Brasil, por não ter uma indústria consolidada de computadores de ponta, não tem presença nessa área.

A Nvidia e a fabricante de veículos autônomos Tesla também anunciaram projetos de supercomputadores em escala exaflops. O equipamento DGX GH 200, da Nvidia, será empregado para desenvolver soluções com inteligência artificial

generativa. Já se encontra em testes e deverá entrar em operação comercial ainda este ano, quando o desempenho real do dispositivo será conhecido. O novo supercomputador da Tesla será usado para treinar os sistemas de direção autônoma da companhia. A empresa não divulgou quando deverá ser concluído e entrar em operação.

## ECOEFIICIÊNCIA

Os organizadores do ranking Top500 também elaboram outra listagem, a Green500, com os supercomputadores mais ecoeficientes do mundo, aqueles que combinam elevado poder computacional com maior eficiência energética.

A relação é encabeçada pelo Henry, equipamento do Instituto Flatiron, de Nova York, voltado a pesquisas científicas com auxílio de métodos computacionais. O supercomputador tem um nível de eficiência energética de 65,40 gigaflops por watt (Gflops/w) – essa medida relaciona a capacidade de fazer cálculos rapidamente com o gasto de energia. A vice-liderança cabe ao Frontier Test & Development, na prática um rack do gigante Frontier, com 62,68 Gflops/w.

Os seis computadores da Petrobras listados no Top500 figuram entre os 100 mais ecoeficientes do mundo, com destaque para o Pégaso, na 46ª posição e com uma eficiência energética de 18,46 Gflops/w. ■

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

# UMA BRASILIANISTA EM TRANSFORMAÇÃO

Parte do primeiro grupo de mulheres a se graduar na Universidade de Princeton, historiadora norte-americana analisou o protagonismo de elites regionais e trabalhadores em dinâmicas comerciais no Brasil

Christina Queiroz | RETRATO Lela Beltrão

**P**rofessora de história da América Latina e do Caribe na Universidade de Nova York (NYU), nos Estados Unidos, a norte-americana Barbara Weinstein nasceu em 1952, no Brooklyn, um bairro típico da classe popular. Mais nova de três irmãos – seu pai era vendedor e a mãe técnica de eletrocardiograma –, ela conquistou em 1969 uma bolsa integral para estudar na Universidade de Princeton, uma das mais elitizadas e tradicionais daquele país. Weinstein fez parte do primeiro grupo de mulheres, composto por 175 nomes, a ingressar na instituição. Naquele momento, havia ali mais de 3 mil alunos homens e ela chegou a escutar de um professor que a presença feminina poderia distrair a atenção dos discentes.

Durante a pesquisa de doutorado, quando os estudos sobre o ciclo da borracha na Amazônia se centravam nas relações de dependência que o Brasil mantinha com potências estrangeiras, Weinstein mudou-se para Belém. Era 1977 e ela tinha então 25 anos. Pesquisou em arquivos históricos para tentar compreender o papel desempenhado pelas elites regionais e pelos seringueiros nessa dinâmica comercial. Sua tese foi orientada pela historiadora brasileira Emília Viotti da Costa (1928-2017), especialista em escravidão e século XIX, que se tornou professora da Universidade Yale (ver Pesquisa FAPESP nº 262) após ser aposentada compulsoriamente da Universidade de São Paulo (USP) pela ditadura militar (1964-1985).

Weinstein, que também pesquisou movimentos operários, foi a primeira especialista em história do Brasil a presidir a Associação Americana de História (AHA), a mais antiga dos Estados Unidos a reunir historiadores profissionais. Munida de um sorriso solar, de passagem por São Paulo e a caminho de um congresso na Bolívia, ela conversou em português com *Pesquisa FAPESP* durante uma tarde, no saguão de um hotel no bairro de Pinheiros.





**IDADE** 71 anos

**ESPECIALIDADE**  
História da  
América Latina

**INSTITUIÇÃO**  
Universidade  
de Nova York

**FORMAÇÃO**

Graduação em história  
na Universidade de  
Princeton (1969-1973),  
mestrado (1973-1976)  
e doutorado (1976-1980)  
em história na  
Universidade Yale

### **Vamos falar sobre a sua infância?**

Eu nasci e cresci no bairro do Brooklyn, em Nova York, juntamente com meus pais e dois irmãos. Sou descendente de uma família que saiu de uma região que hoje fica entre a Rússia e a Ucrânia e imigrou para os Estados Unidos no século XIX. Meu pai nasceu em Boston e minha mãe no Brooklyn. Eles foram criados em bairros típicos da classe trabalhadora de imigrantes. Na minha infância, ninguém poderia imaginar que eu ganharia a vida como historiadora especializada em Brasil. Em meados dos anos 1950, se você era um bom aluno ou aluna, como era o meu caso, se tornava professora secundária e, talvez, com muita sorte, médica ou advogada. Ser historiadora era algo muito distante da minha realidade e do mundo em que fui criada. Meus pais e vizinhos valorizavam a cultura e a educação, mas ao mesmo tempo não tinham muito dinheiro e enfatizavam a necessidade de os jovens se engajarem em profissões pragmáticas, que lhe garantissem sustento. E ser brasilianista não se encaixava exatamente nessa expectativa deles.

### **A senhora já gostava das humanidades na escola?**

Sim. Sempre fui uma leitora entusiasmada e estive mais ligada às línguas, às humanidades e às ciências sociais. Lembro de sentir aquela clássica ansiedade por não saber bem matemática. Estudei no sistema público até entrar na universidade, em 1969. Meus pais não tinham dinheiro para arcar com as mensalidades de uma faculdade particular. Com algumas exceções, as universidades de maior prestígio na época eram privadas. Incentivada por um professor da escola, resolvi estudar para conseguir uma bolsa para entrar em uma instituição particular que, no caso, foi Princeton. Sair de escola pública e de um bairro modesto, como era o Brooklyn naquele momento, para o baluarte da elite norte-americana foi uma transição dramática e, às vezes, traumática. Quando fiz o ensino básico, as escolas públicas de Nova York eram muito boas. Mas, obviamente, eu não contava com a formação que muita gente de Princeton tinha tido em escolas da elite. Além disso, faço parte da primeira turma de mulheres a entrar naquela universidade.

### **Como foi a chegada em Princeton?**

Entrei na universidade para estudar medicina, por pressão familiar. Mas, depois de um semestre, percebi que aquela profissão não era para mim e pedi transferência para o curso de história. Eu gostava de política e estava muito engajada no movimento contra a Guerra do Vietnã [1959-1975]. Acabei me envolvendo com a história do que chamávamos, naquela época, de países do “terceiro mundo”. No segundo ano da graduação, fiz uma disciplina sobre a Revolução Cubana [1953-1959]. Escrevi um trabalho sobre o papel das mulheres nesse movimento e nos anos pós-revolução. Lembro que meu professor gostou muito do texto e me perguntou: “Você já pensou em fazer pós-graduação em história?”. Eu fui criada em uma família e em um bairro onde ninguém era professor universitário e eu mal sabia o que significava fazer mestrado. Mas o comentário do professor despertou minha atenção e comecei a pensar na possibilidade de fazer carreira acadêmica. Mudar para a graduação em história representou, ao mesmo tempo, um compromisso político e uma opção pessoal, além de ter me aberto portas. Entre o terceiro e o último ano de graduação, ganhei uma bolsa para fazer pesquisa no Uruguai durante o verão



Quando a primeira turma de mulheres entrou em Princeton, um professor disse que nós poderíamos ser uma distração para os homens

de 1972. Foi minha primeira viagem ao exterior. Cheguei ao país no meio de um declarado estado de guerra interna entre militares e guerrilheiros Tupamaro. Da experiência, resultou meu trabalho de conclusão da graduação, em que pesquisei as raízes do colapso da democracia uruguaia naquele momento.

### **Qual foi a primeira vez que ouviu falar do Brasil?**

Não me lembro de pensar sobre o país na infância. Intelectualmente, meu primeiro contato foi durante a graduação, quando fiz um trabalho sobre escravidão para comparar o contexto de diferentes países. Li em inglês o livro *Casa-grande & senzala*, de Gilberto Freyre [1900-1987], e outras obras de autores brasileiros. Em suma, comecei a me interessar pelo Brasil motivada por questões envolvendo escravidão e racismo. Costumava ouvir que o país era uma democracia racial, mas logo desconfiei que a história era mais complicada. Olhando em retrospecto, percebo que foi na graduação a primeira vez que pensei sobre o Brasil como um possível objeto de estudo. A minha visão sobre o país ainda era vaga, mas comecei a fazer cursos de português. Era raro que universidades norte-americanas oferecessem cursos dessa língua naquele momento, mas em Princeton eles estavam disponíveis. Também comecei a me interessar por movimentos operários, principalmente depois de ler o livro do historiador britânico Edward Palmer Thompson [1924-1993], *A formação da classe operária inglesa* [lançado no Brasil pela editora Paz e Terra, em 2001].

### **Quando começou a graduação em história, a senhora era uma das poucas mulheres da turma. Como foi essa experiência?**

Foi uma loucura. Em 1969, Princeton resolveu admitir mulheres no corpo discente, mas ao mesmo tempo não queria reduzir o número de homens. Então, não tinha lugar para muitas alunas na universidade, considerando seus limites de infraestrutura e docentes. Lembro também que havia poucas pessoas com ascendência africana ou latina. Era, essencialmente, uma universidade de homens brancos. Recentemente, estive na instituição para um evento que celebrou os 50 anos do primeiro grupo de



mulheres graduadas. Nessa reunião, me dei conta da importância que minha geração teve para as mulheres mais jovens, para aquelas que vieram depois de nós.

### **Como os professores e alunos reagiram à novidade?**

As atitudes foram variadas. Entre os estudantes, muitos rapazes ficaram felizes porque finalmente poderiam estudar com moças na sala de aula, enquanto outros não conseguiam se adaptar a essa nova realidade, mais diversa. Não me esqueço de um professor de química que, logo no primeiro semestre, disse que aceitava a presença das mulheres na universidade, mas achava que seríamos uma distração para os homens. Falando de um caso bem mais grave, uma colega da nossa turma recentemente denunciou que foi estuprada por um aluno da mesma turma na época da faculdade. Depois desse anúncio, outras colegas relataram ter passado pela mesma experiência com o mesmo rapaz. São mulheres de famílias ricas e conhecidas, que talvez não tenham denunciado antes por se sentirem culpadas e com vergonha. Naquela época, pensar em estupro como um crime praticado por uma pessoa próxima de seu círculo de convivência era algo quase inimaginável.

### **Como avalia a presença de docentes mulheres em universidades norte-americanas hoje?**

Estamos evoluindo. No meu departamento, por exemplo, quase metade dos professores é de mulheres. Mas a maioria do corpo docente ainda é formada por pessoas brancas.

### **E quando o Brasil entrou em seu escopo de pesquisa?**

No ano de 1973 ingressei na Universidade Yale para fazer pós-graduação. Esperava ser orientada pelo historiador Richard Morse [1922-2001], naquela época considerado o brasilianista mais importante dos Estados Unidos. Entretanto, ele havia tirado licença de dois anos para dirigir a Fundação Ford, no Rio de Janeiro. Por pura coincidência, em 1973, a historiadora Emília Viotti da Costa chegou a Yale depois de ter sido aposentada compulsoriamente da USP pelo regime militar. Ela marcou época. Quase todos os professores do Departamento de História de Yale eram homens.



## **A identidade paulista foi construída vinculada à ideia de um Brasil moderno, adepto do progresso, e relacionada com a branquitude**

Emília tinha um ar confiante e, de certa forma, até arrogante. Penso que ela adotava essa postura como estratégia para enfrentar esse universo acadêmico norte-americano tão masculino.

### **Ela aceitou orientar sua pesquisa?**

Sim. Quando Emília chegou a Yale, quatro ou cinco estudantes, inclusive eu, estavam começando projetos de pós-graduação sobre a América Latina, mas nenhum desses trabalhos era sobre o Brasil. Ela acabou chamando a atenção dos alunos para a história brasileira. Eu cursei as disciplinas do mestrado e entrei no doutorado direto. Nos Estados Unidos, quando você entra no doutorado, não precisa ter uma proposta clara para a tese. Obviamente é necessário ter ideia do que se pretende estudar, da área de interesse, mas não um projeto formulado. A princípio, eu pretendia estudar a Argentina, mas Emília acabou me convencendo a trabalhar com o Brasil.

### **O que estudou no doutorado?**

O ciclo da borracha na região Norte do

Brasil entre os séculos XIX e XX. A história de como me interessei pelo tema é engraçada, porque minha ideia inicial para a tese era estudar a classe trabalhadora de São Paulo. Mas o historiador norte-americano Michael G. Hall, que naquela época era o principal professor de história operária na Universidade Estadual de Campinas [Unicamp], me disse que conhecia um brasileiro que estava pesquisando o tema no doutorado. Claro que o objetivo de Michael ao falar isso era me incentivar a entrar em contato com o outro pesquisador para trocar ideias, mas na época entendi que devia buscar um assunto diferente para estudar. Além disso, me preocupava com a possibilidade de parecer uma norte-americana invadindo o território intelectual de um brasileiro. Então, fui falar com a Emília, que me disse o óbvio: que havia espaço para muitas teses sobre a formação da classe trabalhadora paulista. Mas ela aproveitou esse momento de indecisão e me deu o seguinte conselho: “Já que você se sentiu preocupada com isso, por que não estuda o ciclo da borracha na Amazônia?”. Nos anos 1970, as instituições brasileiras já estavam formando historiadores com mestrado e doutorado, mas a maior parte das pesquisas estava concentrada em São Paulo e no Rio de Janeiro. Apesar de muita gente investigar a região da Amazônia, poucos pesquisadores estavam fazendo estudos históricos. Minha única dúvida era se eu aguentaria o calor da Amazônia. Afinal, minha única experiência na América Latina havia sido em Montevidéu, onde a temperatura é mais tolerável para quem não está acostumado ao clima da floresta tropical.

### **Mas a senhora acabou vindo.**

No final, decidi trabalhar com o tema sugerido por Emília e passei cerca de 10 meses na região, principalmente em Belém. Isso aconteceu entre 1977 e 1978, quando eu tinha 25 anos, depois de viver sete meses no Rio de Janeiro fazendo pesquisas em arquivos históricos. Eu era uma menina. Fui me adaptando com o tempo e, mesmo com o calor e a chuva, eu gostei de Belém de imediato. Vi que os arquivos, incluindo os antigos cartórios, tinham documentação suficiente para que eu pudesse realizar a pesquisa. A ideia inicial era estudar a decadência do ciclo da borracha, mas

logo percebi que os estudos sobre a expansão desse comércio feitos com base em arquivos históricos eram escassos. Então, não fazia sentido focar na decadência sem antes compreender o processo de expansão.

### **Como o ciclo da borracha costumava ser analisado na época e o que sua tese trouxe de novo sobre esse objeto?**

A tese, que deu origem ao livro *A borracha na Amazônia – Expansão e decadência (1850-1920)* [lançado no Brasil pela editora Hucitec, em 1993], começa sua análise em 1850, quando o ciclo do produto já dominava certas áreas da Amazônia, especialmente na província do Pará. Outros estudos que tinham olhado para a questão iniciavam suas investigações em 1880 ou 1890, de forma que minha pesquisa trabalha com um período anterior, quando as relações de produção e troca eram mais fluidas. Além disso, o ciclo da borracha tinha sido analisado até então pelo viés de teóricos dependentistas. Uma característica desse tipo de leitura é que ele coloca em países do dito “primeiro mundo” o protagonismo da economia global, como se o “terceiro mundo” fosse uma tábula rasa, sem interferência ou influência alguma sobre o comércio e outros processos. Isso me pareceu absolutamente errado no caso do Brasil, que não era uma simples marionete nas mãos dos ingleses, norte-americanos ou franceses. Essa abordagem é também complicada por não dar voz aos trabalhadores, homens livres e escravizados. É claro que eu reconhecia a forte influência da presença estrangeira em certas áreas da economia da borracha, mas, ao mesmo tempo, me parecia necessário considerar a atuação de elites regionais e dos próprios seringueiros ao longo do processo. Em meu estudo, não quis negar os argumentos da escola dependentista, mas ampliar e deixar mais complexa essa perspectiva, mostrar que não é possível explicar o que aconteceu na Amazônia olhando apenas para a presença estrangeira.

### **Qual foi o papel dos trabalhadores nessa dinâmica?**

Nem todos os seringueiros eram escravizados, conforme se pensava. Muitos tinham autonomia e se consideravam donos da borracha que produziam. Obviamente, faziam parte de uma rede co-

mercial que limitava o que eles podiam ou não fazer. Mas havia uma migração constante de seringueiros de regiões de produção da borracha, que ficavam cada vez mais esgotadas, para novas áreas. Lembro que Emília reagiu de forma um pouco negativa ao ler a primeira versão do capítulo inicial da minha tese. Ela considerou que eu estava enfatizando demais a mobilidade e a autonomia dos seringueiros e deixando de ressaltar a opressão e exploração que sofriam. De certa forma, ela tinha razão. Eu não rejeitei totalmente sua crítica, mas insisti que precisava construir os argumentos de acordo com os meus achados. Ela acabou concordando comigo.

### **O que pesquisou em seguida?**

Fui do ciclo da borracha na Amazônia para os industriais e os operários de São Paulo entre os anos 1920 e 1964. Pode parecer uma mudança drástica, mas nos dois casos eu estava procurando entender o protagonismo de trabalhadores em diferentes sistemas econômicos. Nessa pesquisa que realizei no início da década de 1990, investigo a participação de operários e industriais brasileiros nos debates internacionais, durante o desenvolvimento industrial do país. Também



Os estudos pós-coloniais trouxeram as mudanças mais radicais na área de história desde que atuo nesse campo do conhecimento

analiso os programas elaborados por empresários a fim de reformar a classe trabalhadora. Um ponto interessante é que ambos discutiam os avanços tecnológicos e mudanças que aconteciam na Inglaterra, nos Estados Unidos e na União Soviética, em meados da década de 1930, por exemplo. Os resultados da pesquisa estão reunidos em meu segundo livro, *(Re)formação da classe trabalhadora no Brasil – 1920-1964* [Cortez, 2000]. Nele, questiono o argumento, corrente naquela época, de que o Brasil não se desenvolveu porque os empresários nacionais não tinham uma visão suficientemente moderna.

### **Seu livro *A cor da modernidade – A branquitude e a formação da identidade paulista* [Edusp, 2022] é um desdobramento desse estudo?**

Quando terminei a pesquisa que mencionei anteriormente, sobre os industriais paulistas e a classe trabalhadora, fiquei insatisfeita por não ter conseguido me aprofundar na questão da raça no contexto da industrialização paulista. Tratei de classe e gênero, mas faltou entrar na questão racial. Como não poderia refazer o estudo, decidi me dedicar ao tema em um próximo trabalho, que resultou no livro em questão. Nessa obra, analiso documentos e notícias de periódicos sobre a Revolução Constitucionalista de 1932 e o IV Centenário da cidade de São Paulo, celebrado em 1954. Percebi que a construção da identidade paulista estava relacionada não apenas à ideia de um Brasil moderno e adepto do progresso, como também aparecia vinculada à branquitude.

### **Quais são os impactos dos estudos pós-coloniais na pesquisa histórica?**

São amplos e profundos e nos obrigam a repensar diversas questões. Por exemplo, apesar de minhas críticas à teoria da dependência, foi muito difícil no doutorado tomar distância da ideia de que há países desenvolvidos e nações subdesenvolvidas, o que, inevitavelmente, evoca conceitos de avanço e atraso. Hoje, os estudos pós-coloniais exigem que deixemos de lado noções de sucesso e fracasso, abandonemos discursos que sustentam que determinadas sociedades não vão para frente porque têm mais defeitos do que as ditas bem-sucedidas. Além disso, o pós-colonial nos obriga a pensar na im-

portância da diversidade. Não se trata apenas de criticar os países imperialistas, mas de valorizar as sociedades – como, por exemplo, as indígenas –, que antes eram vistas como “objeto”. Acredito ser essa a mudança mais radical ocorrida na área de história desde que atuo nesse campo do conhecimento.

***A senhora já foi criticada pelo fato de ser uma pesquisadora branca norte-americana que estuda o Brasil, um país do Sul global?***

Várias vezes enfrentei questionamentos a respeito do meu direito de estudar e falar sobre o Brasil. Meu livro que trata do ciclo da borracha demorou 10 anos para ser lançado no Brasil. Nele, incluí um pequeno prefácio, onde escrevi que naqueles 10 anos poucas pessoas tinham trabalhado com a história da Amazônia e que nenhum estudo havia mudado as conclusões de minha pesquisa. Veja bem, eu não disse que não havia uma historiografia antes do meu livro, eu estava abordando apenas os últimos 10 anos. Uma historiadora do Pará começou a falar que eu estava desrespeitando trabalhos de brasileiros que já tinham pesquisado o ciclo da borracha. Citou nomes de pessoas que, supostamente, não eram mencionadas em meu estudo, dando como exemplo o economista Roberto Araújo de Oliveira Santos [1932-2012]. No entanto, eu menciono Roberto Santos ao menos 25 vezes, o que evidencia que ela não tinha lido o livro, mas aproveitou o momento para fazer uma declaração de cunho nacionalista. De todas as formas, quem vem de fora para estudar determinado país precisa estar preparado para esse tipo de situação. Mas é um pequeno preço a pagar. Sinto que sou muito bem-vinda ao Brasil, porém ao mesmo tempo sei que não estou livre de críticas.

***Que mudanças a senhora observa em relação ao perfil dos brasilianistas?***

A ideia de um brasilianista como sendo um pesquisador estrangeiro, a exemplo do historiador norte-americano Thomas Elliott Skidmore [1932-2016], mudou e, talvez, acabou [ver Pesquisa FAPESP nº 323]. Hoje, a circulação das pessoas pelo mundo é maior e mais complexa do que antigamente. Muitos dos que lecionam história do Brasil nos Estados Unidos têm ascendência latina e alguns



## Várias vezes enfrentei questionamentos a respeito do meu direito de estudar e falar sobre o Brasil

deles são brasileiros. Há também gente que viveu em vários outros países e tem uma visão transnacional da história.

***Como é a sua dinâmica familiar quando precisa viajar a trabalho por muito tempo?***

Vou falar de um assunto que não costumo abordar em contextos acadêmicos. Tenho um filho com autismo, que agora tem 35 anos. Desde a década de 1990, quando ele recebeu o diagnóstico, minha vida mudou radicalmente. Antes de descobrir o autismo de meu filho, eu passava meses ou até mesmo um ano no Brasil pesquisando, mas desde então não consigo ficar mais do que cinco semanas fora. Ele está cada vez mais independente, hoje até consegue morar sozinho, mas para mim é muito difícil ficar longe dele. Não consigo levá-lo comigo a campo, pois não tenho a infraestrutura necessária, e ele também pode perder a vaga nos programas educativos e sociais que frequenta. Tenho outra filha, que mora comigo. Meu marido é sociólogo, já está aposentado há muitos anos, mas continua publicando

seus estudos. Ele tem apoiado minhas pesquisas de muitas maneiras.

***Em que está trabalhando atualmente?***

Pela primeira vez, estou pesquisando algo não exclusivamente ligado ao Brasil: a biografia do historiador Frank Tannenbaum [1893-1969]. Venho investigando sua trajetória em cerca de 100 caixas de documentos que estão no arquivo da Universidade Columbia, em Nova York. Tannenbaum foi anarquista e passou um ano na prisão por causa de seu ativismo. Depois, virou jornalista e professor de história da América Latina em Columbia. Sua obra é ampla e sua vida muito interessante. Ele foi amigo de Gilberto Freyre e íntimo do presidente mexicano Lázaro Cárdenas [1895-1970]. Mas sua biografia evidencia os desafios de uma vida transnacional. Frank se casou aos 20 e poucos anos e teve dois filhos. Mudou-se dos Estados Unidos para o México para fazer seu doutorado e começou a viver separado da mulher, que acabou pedindo o divórcio. Isso aconteceu no final da década de 1920. Na pesquisa, fiquei chocada ao descobrir que ele abriu mão da paternidade e seus filhos foram adotados pelo novo marido da ex-esposa. E, até onde eu sei, nunca mais teve contato com eles.

***Que lacunas de pesquisa a senhora enxerga hoje na história?***

Não é bem uma lacuna, mas acho que muitos alunos de história no início da carreira hoje estão trabalhando com uma divisão excessiva entre oprimidos e opressores. Essa tendência traz certa ingenuidade em sua leitura de mundo e uma preocupação exagerada com ser politicamente correto. Em meu curso sobre história e cultura do Brasil, por exemplo, quando menciono que pessoas de ascendência africana, depois que foram libertas, compravam escravizados, percebo que os alunos ficam muito angustiados. De repente, a linha entre oprimido e opressor fica um pouco menos clara. Para mim, um dos objetivos principais da pesquisa histórica é justamente desvendar e entender o inesperado, e suspender, pelo menos brevemente, nossa tendência de julgar. Certamente, daqui a 100 anos, muitos vão olhar para nós, para algo que fazemos ou toleramos hoje e dizer: “Como eles podiam agir dessa forma?”. Cabe ao historiador ter alguma humildade ao julgar os feitos das pessoas no passado. ■



EQUIDADE

# REMOÇÃO DE OBSTÁCULOS ESTRUTURAIS

## Rede de pesquisadores de 16 países mapeia a desigualdade de gênero no ambiente científico e dissemina estratégias para enfrentar o problema

Fabrício Marques | ILUSTRAÇÕES Mayara Ferrão

**U**m consórcio internacional de pesquisadores está reunindo dados comparativos de 16 países de quatro continentes sobre desigualdades de gênero no ambiente de ciência, tecnologia e inovação (CTI) e vem compartilhando estratégias e boas práticas para enfrentar o problema e mitigar seus efeitos. Coordenado por um grupo da Universidade Politécnica de Madri, na Espanha, o projeto Gender STI teve início em 2020 e já produziu diagnósticos que corroboram a sub-representação feminina em carreiras ligadas à ciência, tecnologia, matemática e engenharia (Stem) em várias nações e mostram as dificuldades encaradas por mulheres para ocupar postos de alta hierarquia em instituições de pesquisa e na liderança de colaborações internacionais.

A rede já se debruçou, por exemplo, sobre o conteúdo de 528 acordos de cooperação na área de CTI celebrados entre 1961 e 2021, que envolviam instituições ou governos de dois ou mais países. Constatou que apenas 15% deles fizeram menção a questões de gênero ou exibiram preocupação com a equidade em projetos de pesquisa apoiados. É certo que esse panorama vem melhorando em anos recentes. Os dados mostraram que, a partir de 2015, esse tipo de referência passou a ser observada com frequência

crescente, embora de uma forma desigual em países analisados. Nações como Canadá, Índia e África do Sul se destacaram pela incorporação de cláusulas favoráveis à inclusão de mulheres em projetos de pesquisa ou pela participação direta de representantes femininas nas negociações diplomáticas que resultaram nos acordos de cooperação. Na Europa, Espanha e Finlândia também se distinguiram – quase 30% dos acordos celebrados faziam alguma menção à equidade de gênero.

Os acordos firmados por Brasil, Argentina e Portugal, entretanto, exibiram pouquíssimo conteúdo relacionado a gênero. Foram analisados, por exemplo, 11 acordos multilaterais envolvendo organizações de ciência e tecnologia do país e nenhum deles fazia esse tipo de referência. Já em 33 acordos celebrados por agências de fomento do Brasil, 5% tinham alguma menção a questões de gênero. A análise dos dados coletados foi complementada com os resultados de um questionário aplicado a 204 pessoas e de 80 entrevistas com pesquisadores e gestores dos países que integram o consórcio.

Um dos focos iniciais do Gender STI foi a chamada diplomacia científica, que é o uso da ciência como um dos braços da política externa. O Horizonte 2020, principal programa científico da Europa, que investiu € 80 bilhões de 2014 a

2020, estabeleceu entre suas prioridades apoiar projetos que promovessem a igualdade de gênero em universidades e organizações de pesquisa do bloco europeu, em particular estimulando mudanças na estrutura das instituições e na forma de financiá-las. Como esse tipo de iniciativa da União Europeia (UE) sempre tem um componente de cooperação entre países do bloco e de fora dele, viu-se a necessidade de analisar eventuais assimetrias no combate a disparidades de gênero entre parceiros e buscar estratégias comuns para enfrentar o problema. “A Europa é pioneira nessa temática. A inclusão de mulheres em equipes negociadoras de acordos internacionais é mandatória na União Europeia”, explica a cientista política Janina Onuki, da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) e do Instituto de Estudos Avançados (IEA) da Universidade de São Paulo (USP). Onuki lidera a participação brasileira no consórcio, por meio de um projeto temático financiado pela FAPESP desde 2020, no âmbito de um acordo de cooperação com a UE. Do lado europeu, a rede tem participantes de instituições da Espanha, da Finlândia, da Itália, da Áustria, da França e de Portugal. Eles dialogam com parceiros de países de outros três continentes: Canadá, Estados Unidos, México, Brasil, Chile, Argentina, África do Sul, Índia, Coreia do Sul e China.

Outra tarefa assumida pelo Gender STI foi reunir estudos e estatísticas sobre disparidades de gênero disponíveis a fim de comparar a realidade dos países. A sub-representação feminina na ciência é um problema comum a praticamente todas as nações. Dados de 2022 indicam que são mulheres menos de 30% dos pesquisadores em países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que reúne 38 nações entre as mais industrializadas. Embora o interesse de estudantes do sexo feminino em ingressar em carreiras das áreas Stem venha aumentando, o ritmo do crescimento é muito baixo e incapaz de projetar um equilíbrio em um horizonte próximo.

A dificuldade de alcançar postos de liderança em instituições científicas é outra realidade palpável e resistente. “Me orgulho de trabalhar em um grupo de pesquisa em que os postos de liderança são ocupados majoritariamente por mulheres. Mas a maioria das reuniões e atividades de que participo, tanto em projetos europeus quanto em comitês científicos e em conferências, é desequilibrada em todos os aspectos”, afirmou Maria Fernanda Cabrera, pesquisadora da Universidade Politécnica de Madri e uma das coordenadoras do Gender STI, de acordo com o site da universidade.

A socióloga Alice Abreu, professora emérita da Universidade Federal do Rio de Janeiro,

observa que a discussão sobre a equidade de gênero na ciência não é nova, mas mudou de eixo em tempos recentes. “No lugar de enxergar a mulher como o problema principal e sugerir iniciativas para que elas obtenham qualificações necessárias, passou-se a uma compreensão de que a diversidade é fundamental para a atividade científica e uma mudança em estruturas institucionais é a única forma de alcançar a igualdade de gênero na ciência”, disse em outubro do ano passado durante uma conferência que reuniu os participantes do Gender STI, em Madri.

**E**ntre os dados compilados sobre o meio acadêmico brasileiro, há um estudo realizado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), segundo o qual apenas 35,3% das 16.048 bolsas de produtividade em pesquisa oferecidas em 2021 eram destinadas a mulheres, com uma diferença ainda mais acentuada em cursos de ciências exatas e da Terra (apenas 22,1% das bolsas para o sexo feminino) e engenharias (23,3%). Em ciências humanas e ciências biológicas, o equilíbrio parece próximo, com, respectivamente, 48,7% e 45,8% das bolsas para mulheres. As bolsas de produtividade são uma modalidade de apoio que recompensa cientistas com desempenho destacado (*ver Pesquisa FAPESP nº 311*). Outro dado importante é o tempo que as mulheres demoram para concluir o doutorado, também segundo o CNPq: 4,3 anos em média para obter o título, enquanto os homens levam 3,8 anos. A maternidade e a dupla jornada de trabalho são explicações para o fenômeno.

Em um dos trabalhos publicados, Janina Onuki e Gabriela Ferreira, que faz pós-doutorado no projeto temático, analisaram dados da FAPESP e constataram que, nas primeiras seis décadas de trajetória da Fundação, as mulheres foram apenas 8% dos membros do Conselho Superior da Fundação – atualmente, um terço do conselho, com 12 membros, é composto por mulheres. Os conselheiros são indicados por universidades e instituições científicas e pelo governo estadual e nomeados pelo governador para cumprir mandatos fixos. Outro dado foi o de menções a questões de gênero nos textos de acordos interna-

**MATERNIDADE E JORNADA DUPLA FAZEM COM QUE AS MULHERES DEMOREM MAIS TEMPO QUE OS HOMENS PARA CONCLUIR O DOUTORADO NO BRASIL**



cionais celebrados pela FAPESP: houve referências desse tipo em 2% dos acordos analisados.

**N**o final de 2022, a Assessoria Científica da FAPESP passou a contar com uma Coordenação de Programa para assuntos relacionados à Equidade, Diversidade e Inclusão (EDI), incumbida de aperfeiçoar processos internos e remover obstáculos, associados a gênero, etnia ou origem, que atrapalhem o desenvolvimento de pesquisadores talentosos e qualificados. “Esse tipo de preocupação vem se tornando comum no mundo inteiro e está presente em praticamente todos os países estudados”, diz Onuki. “Muitas agências de fomento à ciência, tecnologia e inovação têm criado comitês ou comissões em sua estrutura decisória que abordam não somente a equidade de gênero, mas a diversidade de modo abrangente.”

Atualmente, o Gender STI está em sua segunda fase, na qual cada país participante, agora conhecendo sua situação em relação aos demais, busca produzir análises e reflexões sobre como melhorar a igualdade de gênero de forma mais ampla. “A presença das mulheres, tanto na academia quanto na diplomacia, vem aumentando, mas é notável como elas ainda encontram entraves de ascensão na carreira”, observa Onuki. “Queremos entender por que isso acontece e já sabemos que o problema não se resolve apenas ampliando oportunidades.” Segundo ela, há também componentes subjetivos. “Existem situações na carreira em que as mulheres simplesmente abrem mão de

disputar espaço com os homens, por considerarem o ambiente desfavorável ou que o esforço não compensa”, afirma a cientista política, que está entrevistando pesquisadoras no Brasil que alcançaram o topo da carreira para compreender melhor essas variáveis.

O consórcio identificou um conjunto de boas práticas para promover a equidade. No caso dos acordos científicos bilaterais e multilaterais, um exemplo é o estabelecimento de cláusulas e a definição de metas que persigam a igualdade de gênero em projetos contemplados e na distribuição de recursos, e exijam a presença de mulheres nas negociações entre parceiros. A criação de unidades de aconselhamento de gênero em organizações científicas e acadêmicas também está entre as recomendações – há instâncias como essa tanto na Comissão de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento das Nações Unidas quanto em entidades da comunidade científica, como a União Internacional da Cristalografia.

Outro exemplo de boa prática é o compromisso de produzir dados e indicadores desagregados por gênero que ajudem a acompanhar e combater disparidades – na 25ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática, realizada em 2019 em Madri, a equidade de gênero na participação das delegações foi avaliada não apenas pelo número de homens e mulheres presentes, mas também pela contagem do tempo durante o qual representantes dos dois gêneros puderam discursar. A oferta de programas de mentoria, em que as mulheres possam aconselhar outras mulheres na carreira científica, figura entre as boas práticas – outra modalidade de mentoria se destina a tomadores de decisão, para que se sensibilizem a buscar o equilíbrio de gênero. As políticas de ação afirmativa em universidades brasileiras são mencionadas entre as boas práticas, assim como o esforço de uma organização estatística não governamental da Argentina para oferecer informações desagregadas por gênero.

A vigilância sobre a incidência de casos de assédio sexual no ambiente acadêmico é, igualmente, um tema emergente. Países como França e Irlanda lançaram iniciativas para combater a violência de gênero em instituições universitárias e de pesquisa.

O conhecimento produzido pelo consórcio deu origem ao Observatório Europeu de Gênero em Ciência, Tecnologia e Inovação ([www.gender-sti.org](http://www.gender-sti.org)), que também busca conectar iniciativas de diferentes instituições. “Nos próximos meses, vamos inaugurar um observatório nos mesmos moldes aqui no Brasil com os estudos que produzimos sobre a realidade do país”, diz Janina Onuki. ■

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



# FILANTROPIA E EQUIDADE RACIAL

O fundo filantrópico Agbara, criado durante a pandemia para apoiar mulheres negras por meio de programas de geração de renda e de incentivo ao empreendedorismo, está montando um núcleo de pesquisas para levantar dados sobre desigualdades sociais no Brasil e produzir estudos a respeito de temas ligados à população negra, filantropia e inclusão. O esforço deve custar R\$ 2 milhões e prevê o recrutamento de 27 estudantes ou pesquisadores, um em cada unidade da federação.

O objetivo inicial é promover um censo de entidades e ações coordenadas por negros para apoiar outros negros no país, que atuam dentro de um conceito definido como filantropia negra. Nos Estados Unidos, ele é bem disseminado. Em 2011, organizações dedicadas à promoção da igualdade racial escolheram agosto como o mês da filantropia negra e, desde então, promovem atividades nesse período do ano para refletir sobre seus desafios e propor novas ações. No Brasil, essa modalidade de filantropia tem origem nos

tempos da escravidão, quando surgiram redes de apoio para arrecadar recursos e comprar alforrias e irmandades religiosas de escravizados e libertos.

De acordo com dados de uma pesquisa feita no ano passado pela Iniciativa Pipa, entidade filantrópica sediada no Rio de Janeiro, 74,1% das pessoas que atuam na linha de frente nos projetos na periferia são pretas ou pardas, assim como 80,6% das pessoas beneficiadas por esses projetos. O estudo “Periferias e filantropia – As barreiras de acesso aos recursos no Brasil” entrevistou mais de 600 gestores de organizações e cooperativas. Outra informação relevante é que 46% dos projetos liderados por pessoas negras em periferias captam menos de R\$ 5 mil por ano. São, em geral, atividades que as pessoas exercem em paralelo a uma atuação profissional remunerada. Mas não há informações detalhadas sobre esses indivíduos e projetos. O censo do Fundo Agbara tem o objetivo de entrevistar essas pessoas e produzir um diagnóstico sobre filantropia negra no Brasil, a ser lançado até o final do ano. Outra publicação planejada pelo núcleo

de pesquisa é o *Guia de boas práticas para promoção da filantropia negra*.

“Se nos Estados Unidos existe uma filantropia negra bem estabelecida, aqui tudo precisa ser compreendido praticamente do zero”, diz a coordenadora do núcleo de pesquisa, Luana Braga Batista, a Lua, que é estudante de doutorado em antropologia social na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Ela destaca que, no Brasil, mesmo os institutos criados por profissionais negros bem-sucedidos, como artistas e jogadores de futebol, não costumam desenvolver ações voltadas à temática racial. Em geral, são iniciativas sociais mais abrangentes, que atingem um público majoritariamente composto por negros por conta da vulnerabilidade desse grupo populacional, mas não são concebidas para combater a desigualdade racial. O Fundo Baobá para Equidade Racial, criado em 2011, é o exemplo mais conhecido de organização não governamental que dispõe de um fundo patrimonial para apoiar especificamente projetos voltados para a população negra e o combate ao racismo.





## Fundo quer mapear organizações do país que apoiam a população negra e também são coordenadas por negros

Maurício Oliveira | ILUSTRAÇÃO Mariana Rodrigues

O fundo Agbara é apoiado por instituições como o Global Fund for Community Foundations, sediado na África do Sul, a Fundação Tide Setúbal, com trabalho voltado ao desenvolvimento social das periferias urbanas, e a Fundação José Luiz Egydio Setúbal, que apoia principalmente projetos sobre saúde infantil. “Há um alinhamento de objetivos entre as iniciativas do Agbara e a nossa fundação, que tem como um dos pilares de atuação o apoio à estruturação do setor filantrópico”, conta Ana Cláudia Andreotti, analista de projetos da Fundação José Luiz Egydio Setúbal, que também vai aplicar R\$ 160 mil na primeira fase do núcleo de pesquisas, com perspectiva de novos aportes.

As características e a trajetória do Fundo Agbara explicam seu interesse pela filantropia negra. A iniciativa surgiu em Campinas, em 2020, sob a liderança da socióloga e pedagoga Aline Odara. Com experiência em organizar vaquinhas para apoiar amigos e pessoas em dificuldade, ela estruturou, nos primeiros meses da pandemia, uma iniciativa de arrecadação de fundos cuja me-

ta inicial era ter 20 pessoas doando R\$ 20 por mês durante um ano, o que lhe proporcionaria R\$ 400 mensais para direcionar a mulheres negras em situação de vulnerabilidade. A notícia se espalhou pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), onde Odara faz mestrado em educação, e o número de doadores saltou para 60 em cinco dias e para 300 em três meses, o que passou a gerar uma arrecadação mensal de R\$ 6 mil. Com o aumento da escala, Aline, hoje diretora-executiva do fundo, sentiu necessidade de formalizar a iniciativa. Agbara significa “potência” em iorubá – idioma de parte expressiva da população da Nigéria e de vários outros países africanos, presente no Brasil por meio das tradições culturais e religiosas de matriz africana.

Foi necessário estabelecer critérios para a definição de quem iria receber ajuda – mulheres negras que cuidavam sozinhas de pelo menos três filhos seriam prioridade. Outro parâmetro foi destinar 50% dos repasses às regiões Norte e Nordeste, já que essas regiões demandam mais investimentos sociais

do que as outras. Além da transferência de renda, o trabalho evoluiu para o financiamento e a mentoria de pequenos empreendimentos liderados por mulheres negras. O projeto Avança Preta já ofereceu capacitação técnica para mais de 20 iniciativas de geração de renda que mobilizam mulheres negras. Há projetos para públicos específicos, como catadoras de recicláveis ou, para citar um exemplo recente, a inserção de mulheres negras na cadeia logística e de suprimentos do porto de Navegantes, em Santa Catarina.

Em três anos, o fundo captou mais de R\$ 6 milhões e realizou 2,5 mil investimentos, tanto por meio de aporte financeiro direto em projetos quanto pela oferta de formação a mulheres negras. O trabalho é feito por 10 funcionárias com formações variadas, todas elas negras. “Quando uma mulher negra faz um desses movimentos, carrega com ela várias outras pessoas. É a filha que pode ir para a escola, a irmã que ela passa a apoiar, o impulso aos negócios da vizinhança dos quais ela se torna cliente”, conclui Aline Odara. ■

# ECOLOGIA NA PRÁTICA



1



2



3

## Cursos de campo são importantes para a formação de pesquisadores, mas sofrem com falta de verbas no Brasil

Sarah Schmidt

**F**undamentais para a formação prática de futuros pesquisadores, os cursos de campo em ecologia encontram dificuldades no Brasil e sofrem com falta de verbas. Há, por isso, menos opções hoje para os estudantes de pós-graduação do que alguns anos atrás. Enquanto o Ecologia da Mata Atlântica, da Universidade de São Paulo (USP), criado há 17 anos e pelo qual passaram cerca de 200 alunos, não tem previsão de retorno, a 28ª edição do Ecologia da Floresta Amazônica (EFA) – uma iniciativa do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) – ainda não está confirmada. “Estamos em busca de financiamento”, conta a bióloga Flávia Delgado Santana, uma das coordenadoras do EFA, que já formou mais de 500 alunos. O curso integra o Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF-Inpa) e atualmente é também vinculado à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

O da Mata Atlântica foi interrompido por falta de verba em 2019. “Com a pandemia da Covid-19, permaneceu suspenso e assim continua”, diz o biólogo Glauco Machado, da USP, coordenador desde a primeira edição, em 2007. “Gerações de ecólogos brasileiros passaram por esses cursos, que já se tornaram tradicionais na área e proporcionam uma imersão total na mata e no método científico”, diz ele, que foi monitor do EFA em 2001. Machado estima que para realizar uma edição, com os costumeiros 20 alunos por 28 dias em locais como a Área de Proteção Ambiental Cananéia-Iguape-Peruíbe, no litoral sul paulista, o orçamento seria, no mínimo, de R\$ 80 mil.

Como para os dois cursos não há verba permanente, mantê-los em pé requer malabarismo. Para a edição de 2023 do EFA, que custou R\$ 120 mil, segundo Santana, cerca de 70% dos recursos vieram de um financiamento do PDBFF, do Centro de Biodiversidade da Amazônia Thomas Lovejoy e da Fundação Paul & Maxine Frohring. Outros

25% vieram da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e 5% da pós-graduação em ecologia do Inpa. “Esses percentuais variam bastante a cada ano”, observa a pesquisadora. “Ele começou como um dos ramos de capacitação de recursos humanos do PDBFF, concebido pelo [biólogo norte-americano Thomas] Lovejoy [1941-2021] em 1978”, explica ela (ver Pesquisa FAPESP nº 230). Os alunos visitam de três a quatro ambientes diferentes.

Somar fontes de recursos é também a estratégia adotada pela coordenação do curso de campo Ecologia e Conservação da Caatinga, vinculado à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que teve 223 alunos desde sua primeira edição em 2008. Aberto também para estudantes que não estejam matriculados na instituição, assim como o EFA e o da Mata Atlântica, ele é realizado no Parque Nacional do Catimbau, em Buíque (PE). Sua última edição durou duas semanas, em setembro de 2023, com um investimento de mais de R\$ 100 mil.

“Uma parte dos recursos vem da Capes e outra da Facepe [Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco]. O curso é uma vitrine da pós-graduação e entra como um produto de nossos projetos científicos”, conta uma das coordenadoras, a bióloga Inara Leal, da UFPE. O transporte até o parque é pago pela universidade, e fundos de projetos custeiam o transporte de professores convidados. “Por conta do baixo orçamento, já houve ano em que tivemos que reduzir o tempo de pesquisa, abrir menos vagas e restringir a um único local.”

### EXPERIÊNCIA MARCANTE

Oferecidos uma vez por ano, com uma média de 20 participantes, o formato de imersão não é apenas focado nas coletas de campo, mas procura treinar os estudantes de pós-graduação no próprio método científico, com foco no modelo hipotético-dedutivo. Todos têm a mesma inspira-

Trabalho de campo: busca por formigas-zumbi na Amazônia (no alto, à esq.), observação do ambiente na Caatinga (à dir.) e estudo com molusco no litoral paulista

ção: os cursos da Organização de Estudos Tropicais (OTS) na Costa Rica, um consórcio sem fins lucrativos criado em 1963 que congrega cerca de 50 instituições de pesquisa e universidades ao redor do mundo.

**M**ergulhados no campo por até um mês, os alunos desenvolvem projetos a cada um ou dois dias, sugerem hipóteses com base em observações em campo, coletam e analisam dados, contam com a mentoria de professores convidados e escrevem relatórios que apresentam quando todos se reúnem após o jantar. Os alunos geralmente são divididos em grupos nas primeiras fases do curso e, ao final, fazem projetos individuais.

Na edição de 2022 do curso da Caatinga, um grupo de estudantes tinha uma questão: como a densidade de folhas na copa da umburana-de-cambão (*Commiphora leptophloeos*), árvore que chega a 9 metros (m) de altura, está associada à exposição dos caules verdes que também realizam fotossíntese? Eles propunham a hipótese de que a perda de folhas, principal órgão para a fotossíntese, seria compensada com ganho adicional de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por meio desses caules. Por isso, os estudantes esperavam que árvores com menor densidade de folhas tivessem uma área maior de caules verdes.

“Mas eles obtiveram um resultado contrário”, conta Leal. Após as coletas e as análises, o grupo percebeu que, quanto maior a densidade de folhas, maior a área de caule verde. “Esse resultado indica que a espécie seja capaz de usar as duas estratégias de aquisição de carbono para melhor manutenção das condições diante das limitações do ambiente”, escreveram no relatório final. Segundo Machado, da USP, essa é uma forma eficiente de se fazer o conhecimento avançar, porque as ideias são descartadas conforme as hipóteses vão sendo rejeitadas.

“Também tentamos mostrar que é preciso lidar com a frustração e com os resultados negativos, além de discuti-los”, acrescenta Santana. Durante a pós-graduação em ecologia na Universidade Estadual de Santa Cruz (Uesc), em Ilhéus (BA), ela participou do Curso de Campo em Ecologia de Floresta no Sul da Bahia. “A experiência me instigou a seguir a carreira acadêmica. Fiquei totalmente imersa, treinando o uso do método científico”, conta. “Vi a mesma coisa nos alunos do curso da Amazônia, que dormem e acordam discutindo ciência”, complementa, destacando que a experiência muda as trajetórias de pesquisa de uma parte deles.

Leal, da UFPE, também fez cursos de campo durante a pós-graduação em ecologia e conta que

pisou na floresta amazônica pela primeira vez na turma inaugural do EFA, em 1993. “Isso despertou ainda mais meu interesse por seguir na pesquisa”, conta. “Atribuo ao curso minhas habilidades de fazer projetos e escrever artigos científicos.” A pesquisadora destaca que o colega e biólogo Erich Fischer, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), estava na mesma turma. “Depois ele criou o curso de campo Ecologia do Pantanal, que tem mais de 20 anos.”

O ecólogo Rafael Leitão, professor da UFMG, foi da turma de 2004 do EFA. “Quando fiz o curso, no segundo ano do mestrado, vi um mundo de possibilidades se abrir ao enxergar como o método científico realmente funciona, ao vivo. O processo colaborativo é importante, com as discussões, coletas e trabalhos em grupo”, diz ele, que hoje é um dos coordenadores, ao lado de Santana.

O biólogo Guilherme Corte fez o curso da Mata Atlântica em 2008, quando estava no primeiro ano do mestrado em ecologia na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), e também tem a vivência em campo como um marco. “Foi uma das principais experiências que tive como cientista”, comenta. “Nas caminhadas na mata, os professores diziam: ‘Aquela bromélia está em cima da árvore, isso é um fato; elaborem uma hipótese’. Fazíamos uma tentativa e nos corrigiam: ‘Isso não é uma hipótese.’” Ele segue o método com alunos de graduação em biologia e mestrado em ciências ambientais na Universidade das Ilhas Virgens Americanas, nos Estados Unidos. “Parece óbvio, mas não é. Por isso, essa é a primeira aula que dou. Os estudantes se dividem em grupos e saem pelo *campus* em busca de três observações, três perguntas e três hipóteses.”

De fato, um estudo conduzido por ecólogos da Universidade Cornell, nos Estados Unidos, buscou mensurar o impacto da experiência na carreira acadêmica de estudantes de pós-graduação em biologia e ecologia que participaram do Curso de Campo da Flórida, oferecido pela instituição há 50 anos. Para isso, levantaram dados de 184 alunos que participaram do curso e de 408 que não participaram, buscando suas publicações nas plataformas Google Acadêmico e Web of Science. Os primeiros publicaram 27% mais artigos científicos durante a pós-graduação do que seus colegas que não participaram do treinamento em campo. Dez anos após concluírem a graduação, eles continuaram publicando 14% mais. Os que fizeram curso de campo também foram mais propensos a se tornarem docentes universitários, embora não tenha feito muita diferença na tendência a seguir uma carreira científica.

Por meio de um formulário, os pesquisadores também questionaram 131 ex-alunos do curso de campo sobre quais habilidades foram aprimoradas com a experiência. Entre as principais esta-



Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco (acima); trabalho noturno com opilião e diurno com moluscos em Peruíbe (à dir.)



vam realizar pesquisa em campo (43%); pensar de forma abrangente sobre ciência, curiosidade ou descoberta (28%); e aprender observando a natureza (25%). Os dados foram relatados em novembro de 2022 na revista *BioScience*.

“Apesar dos benefícios documentados, o apoio das universidades para cursos e estações de campo está diminuindo, de tal forma que gerações futuras de biólogos provavelmente experimentarão a pesquisa em ciências biológicas de forma isolada de seu contexto ecológico”, alerta o artigo.

**N**a contramão dessa tendência, em julho de 2023 o Instituto Serrapilheira decidiu investir em uma etapa de campo na Mata Atlântica (coordenada por Glauco Machado) e na Amazônia (pelo biólogo Paulo Enrique Peixoto, da UFMG) para alunos do Curso de Formação em Ecologia Quantitativa, criado em 2021 e coordenado pela bióloga e matemática Flávia Marquitti, da Unicamp. A formação é aberta para estudantes de graduação e mestrado que tenham domínio da língua inglesa, idioma oficial das aulas que contam com a participação de professores de outros países. Marquitti foi aluna do curso de Ecologia da Mata Atlântica da USP em 2009. “Para mim foi muito marcante porque foi a primeira vez que pensei em unir modelagem matemática e trabalho de campo. Elaborei um modelo no meu projeto e fiz os testes com os dados que coletei”, conta.

Na primeira edição do curso de campo financiado pelo Serrapilheira, foram selecionados 16 estudantes de biologia, ecologia, física e matemática do último ano da graduação ou início do mestrado, entre 30 que fizeram a etapa teórica, para ir a campo colocar em prática o que aprenderam em sala de aula. Divididos em grupos de quatro alunos, cada grupo com dois orientadores, eles desenvolveram um projeto na Mata Atlântica, ao longo de sete dias, e outro na floresta amazônica com a mesma duração. Os alunos também pensam em perguntas, criam hipóteses, coletam dados, desenvolvem modelos estatísticos e apresentam resultados.

O orçamento para o curso de campo de 2023 foi de R\$ 632 mil, para custear material de trabalho, alimentação completa, hospedagem e transporte para todos os alunos, além de 16 professores (alguns do exterior), três coordenadores e quatro tutores, que foram remunerados. “Estar no campo acaba sendo transformador e uma mudança de paradigma para os alunos, pois muitos nunca tinham nem sequer colocado o ‘pé no mato’”, observa o diretor-presidente do Instituto Serrapilheira, Hugo Aguilaniu. “Há coisas que não é possível imaginar que aconteçam caso não sejam vistas.”

Aguilaniu destaca que, embora a modelagem matemática e a capacidade de analisar grandes quantidades de dados sejam fundamentais, elas precisam dialogar com o que os pesquisadores encontram na natureza. “Para o Serrapilheira, portanto, o curso de campo tem um papel essencial de completar esse ciclo”, conclui. ■

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



## BOAS PRÁTICAS

# Sinais de consentimento forçado

Suspeita de que grupos étnicos foram coagidos a fornecer dados e amostras biológicas põe em xeque 96 artigos sobre genética forense

O esforço do geneticista e bioinformata Yves Moreau, da Universidade Católica de Leuven, na Bélgica, já levou à retratação de 30 artigos científicos desde 2019. Em comum, os estudos cancelados utilizavam dados genéticos ou biométricos de minorias étnicas e grupos populacionais vulneráveis da China, cuja coleta foi realizada em condições nebulosas. Em alguns casos, não foi possível assegurar que os sujeitos da pesquisa forneceram material biológico de forma voluntária ou que o estudo foi aprovado pelo comitê ético de alguma instituição científica reconhecida. Já outros *papers* estão lastreados por termos de consentimento informado, nos quais os participantes declaram que foram avisados sobre o escopo da pesquisa e que aceitaram participar dela, mas há a possibilidade de que a coleta de dados tenha sido forçada e os documentos de anuência obtidos sob coação, o que os tornaria inúteis. Essa suspeita se baseia no ambiente de repressão política em que as pesquisas foram feitas e na presença de agentes de segurança do Estado entre os coautores dos artigos.

Segundo Moreau, a polícia chinesa se vale de uma base de dados nacional de DNA, de informações biométricas e de métodos de vigilância – tais como câmeras de vídeo e reconhecimento facial – para monitorar a minoria muçulmana uigur na província de Xinjiang, no noroeste do país. A mesma estratégia vale para os habitantes das montanhas do Tibete, região controlada pela China desde a década de 1950. “Isso faz parte da arquitetura do controle social e é uma ferramenta de pressão psicológica eficaz”, disse Moreau ao jornal *The Washington Post*.

Em fevereiro, a revista *Molecular Genetics & Genomic Medicine* anunciou a retratação de 18 artigos apontados como suspeitos por Moreau, reconhecendo “inconsistências entre a documentação de consentimento e a pesquisa relatada”. Outra retratação recente envolveu um trabalho publicado em 2022 na revista *PLOS ONE*, em que pesquisadores chineses coletaram amostras de sangue de centenas de tibetanos e concluíram que marcadores genéticos de seus cromossomos X poderiam ser úteis para identificação forense e testes de paternidade. Moreau alertou os editores da *PLOS ONE* que forças de segurança chinesas poderiam ter participado da coleta de dados, uma vez que organizações de defesa dos direitos humanos haviam denunciado a existência de um programa de coleta compulsória de amostras de DNA de populações tibetanas. O pesquisador pediu que investigassem se houve mesmo o consentimento informado dos indivíduos que cederam amostras de sangue. O artigo foi retratado apenas três meses após o alerta. Segundo nota divulgada pelo periódico, documentos fornecidos pelos autores não foram suficientes para afastar dúvidas sobre a autenticidade do consentimento informado e garantir que o estudo recebeu aprovação ética de comitê regularmente estabelecido.

A rapidez da *PLOS ONE* em analisar o caso não é um padrão entre as revistas científicas. Moreau e seu grupo fizeram alertas semelhantes sobre mais de uma centena de artigos e ao menos 70 deles seguem sendo investigados há mais de dois anos, sem que as publicações cheguem a uma conclusão sobre se devem ser retratados – o argumento é de que os casos são complexos. “A demora excessiva de editores em proferir decisões equivale à má conduta editorial”, disse Moreau, em uma longa reportagem sobre seu trabalho publicada em janeiro na revista *Nature*.

Houve casos em que os editores consideraram a suspeita infundada e encerraram as investigações. A editora MDPI declarou não ter encontrado falhas éticas em sete artigos questionados por Moreau, publicados na revista *Genes*. Um dos artigos investigou as origens genéticas do povo Hui, outro grupo étnico muçulmano do norte da China. Vários autores trabalham para a Academia de Ciências Forenses de Xangai, que é parte do Ministério da Justiça da China. “Não é incomum que a polícia ajude a facilitar a pesquisa forense de genética populacional”, afirmou à *Nature* Dennis McNeven, da Universidade de Tecnologia de

Sydney, na Austrália, coautor de um artigo apontado como suspeito por Moreau. O trabalho em questão foi publicado em 2018 na revista *Scientific Reports* e se baseava na análise genética de 1.842 pessoas de quatro grupos étnicos da China. O artigo segue válido, mas em 2022 a editora Springer Nature fez uma correção removendo dados (anonimizados) de participantes que constavam nas informações suplementares do *paper*, porque não havia consentimento para divulgá-los.

O engajamento de Moreau no combate ao que ele chama de “vigilância genômica” de minorias étnicas começou em 2016, quando o pesquisador soube que o governo do Kuwait lançara um programa para coletar e catalogar perfis genéticos de seus cidadãos e de visitantes. Ele levou o caso à Sociedade Europeia de Genética Humana e pediu que se pronunciasse contra a medida. Com a repercussão negativa, o programa acabou revogado pelo Parlamento do país. No mesmo ano, foi informado de que um programa de catalogação de DNA estava sendo implantado como parte do processo de registro de passaporte em Xinjiang, onde os uigures têm sido alvo de vigilância e detenções em massa. Ele fez um levantamento da literatura científica e encontrou dezenas de artigos que descrevem o perfil genético de grupos étnicos minoritários na China. Também observou que mais de 20% das pesquisas publicadas sobre genética forense populacional na China entre 2011 e 2018 concentraram-se nos uigures, embora eles representem menos de 1% da população.

Em novembro passado, Moreau foi agraciado com um prêmio da Fundação Einstein Berlim por defender “padrões éticos na utilização de dados de DNA humano”, de acordo com a instituição. Uma influência de seu trabalho pode ser notada em mudanças promovidas nas políticas de editoras científicas relacionadas a grupos vulneráveis. A MDPI, embora não tenha retratado nenhum artigo questionado, instituiu em meados de 2021 a exigência de um escrutínio adicional em estudos que envolvam grupos vulneráveis.

A existência de artigos suspeitos levanta uma indagação incômoda: até que ponto dados genéticos obtidos sem consentimento estão disponíveis em grandes repositórios internacionais e são utilizados por outros pesquisadores. Formalmente, registros oriundos de artigos retratados são removidos desses bancos. O Conselho Consultivo de Bases de Dados Forenses, vinculado à Sociedade Internacional de Genética Forense, divulgou um relatório em fevereiro de 2023 sugerindo que o expurgo de dados poderia ser ampliado e que os curadores de repositórios deveriam fazer uma avaliação caso a caso, descartando dados quando há uma chance concreta de não terem sido obtidos com consentimento informado. Um risco desse tipo de medida é tornar os bancos genéticos menos representativos, em prejuízo justamente dos grupos étnicos minoritários que tiveram suas informações descartadas. ■

Fabrizio Marques

## Plágio derruba ministra norueguesa que reprimia má conduta de estudantes

**S**andra Borch, ministra da Pesquisa e do Ensino Superior da Noruega, renunciou ao posto em 23 de janeiro após ser acusada de plagiar ao menos 20% do conteúdo de sua dissertação de mestrado em direito, defendida há 10 anos na Universidade Árctica da Noruega, sobre a legislação petrolífera do país. “Cometi um grande erro. Usei textos de outras pessoas sem indicar a fonte. Sinto muito”, reconheceu Borch, de 35 anos, que estava no cargo havia cinco meses – antes, fora ministra da Agricultura e Alimentação por dois anos.

A situação da ministra ficou insustentável porque ela liderava a repressão à má conduta acadêmica nas universidades do país e era particularmente implacável com estudantes acusados de plágio. Recentemente, recorreu à Suprema Corte do país para punir estudantes que haviam reciclado textos de sua própria autoria, o que configura

autoplágio, mas tinham sido absolvidos por um tribunal inferior.

O autor da denúncia contra Borch foi um estudante de administração de Oslo, Kristoffer Rytterager, de 27 anos, que expôs em sua conta no X, o antigo Twitter, os resultados de uma verificação de similaridade da dissertação da ministra. “Como alguns alunos estavam sendo punidos por autoplágio, pensei que seria uma boa ideia verificar os trabalhos da própria ministra”, disse Rytterager à agência *Associated Press*. Foram detectados trechos de seis diferentes autores sem a devida atribuição, incluindo partes de duas outras dissertações de mestrado. Até erros ortográficos contidos nos trabalhos originais foram reproduzidos pela ministra.

O primeiro-ministro da Noruega, Jonas Gahr Støre, disse que as ações de Borch “não eram compatíveis com a confiança necessária para ser ministra da Pesquisa e do Ensino Superior”. Mas

em um outro caso de plágio em seu gabinete, Støre manteve no cargo a ministra da Saúde, Ingvild Kjerkol, que também copiou trechos de textos sem atribuir a autoria em sua dissertação de mestrado. O premiê alegou que cabia às universidades, e não aos políticos, julgar delitos acadêmicos. De todo modo, instruiu os demais ministros a procurar indícios de plágio em sua produção científica pregressa, a fim de se antecipar ao escrutínio de jornalistas, estudantes e políticos de oposição. O substituto de Borch, Oddmund Løkensgard Hoel, graduado em letras e literatura nórdica e doutor em história, garantiu à rede de televisão pública NRK que seus trabalhos estão isentos de plágio. “Sempre tomei o cuidado de fazer citações e referências corretamente, seguindo as regras acadêmicas”, disse Hoel, que é professor da Universidade de Ciências Aplicadas do Oeste da Noruega e editor da revista acadêmica *Heimen*.

## Museu de universidade norte-americana devolve peças pilhadas da Grécia

**A** Universidade Emory, na cidade de Atlanta, dos Estados Unidos, chegou a um acordo com o Ministério da Cultura da Grécia para devolver três artefatos da coleção do Museu Michael C. Carlos, vinculado à instituição. Um dos objetos é uma estátua de mármore de uma deusa, adquirida pelo museu em 2002 de um colecionador nova-iorquino, mas que foi encontrada em escavações irregulares realizadas na década de 1990 e exportada ilegalmente. Outro artefato é uma banheira, também adquirida em 2002, que o museu acreditava pertencer a um colecionador desde a década de 1960, mas que foi levada aos Estados Unidos pelo traficante de antiguidades Gianfranco Becchina, condenado em 2017 na Grécia. O terceiro objeto é uma escultura de mármore de uma figura masculina sentada, comprada de um negociante em 2003 e sem procedência conhecida, mas que aparece em fotos de polaroide de uma escavação ilegal na Grécia em 1989. “Estava bem documentado que esses objetos tinham sido exportados ilegalmente da Grécia”, disse Lina Mendoni, ministra da Cultura da Grécia, ao assinar o acordo na universidade norte-americana, de acordo com o site ArtsATL. “Esperamos que outras instituições do exterior sigam o exemplo do Museu Carlos, que procurou resolver o problema por meio do diálogo e do espírito de cooperação”, afirmou. O diretor do museu, Henry Kim, destacou que a devolução dos artefatos pilhados faz parte de um acordo de cooperação, por meio do qual a instituição receberá peças por empréstimo de museus gregos para compor futuras exposições.

### CONTEÚDO EXTRA

Conhece a nossa newsletter de integridade científica?



Entre no QR Code para assinar nossas newsletters

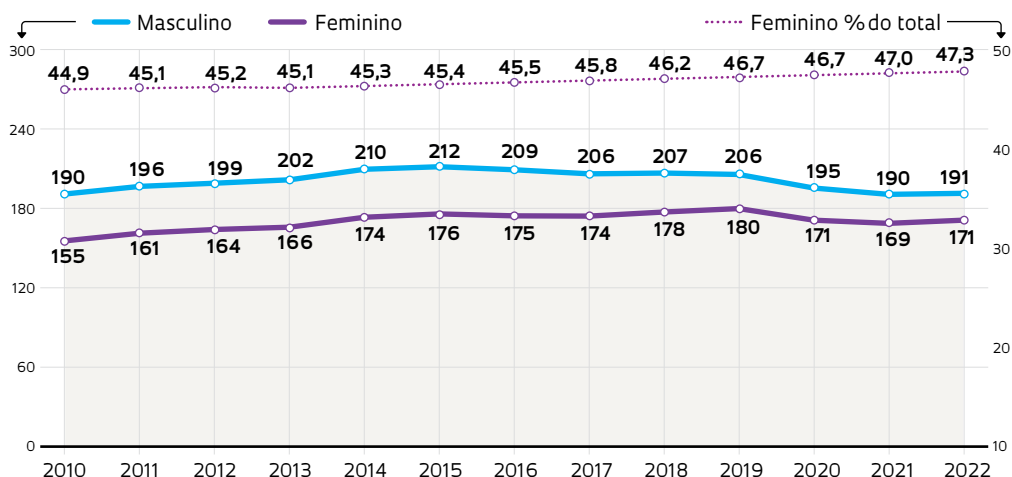




► A presença das mulheres na docência superior vem se ampliando de forma lenta, mas constante, ao menos desde 2010. Em 2022, das 362 mil funções docentes (em exercício) da educação superior do Brasil, 171 mil (ou 47,3%) eram exercidas por mulheres. Apesar de o número absoluto já ter sido maior (180 mil, em 2019), a participação feminina manteve-se em elevação e atingiu o maior patamar da série histórica (*gráfico ao lado*)

### DOCENTES EM EXERCÍCIO, POR SEXO (MILHARES)

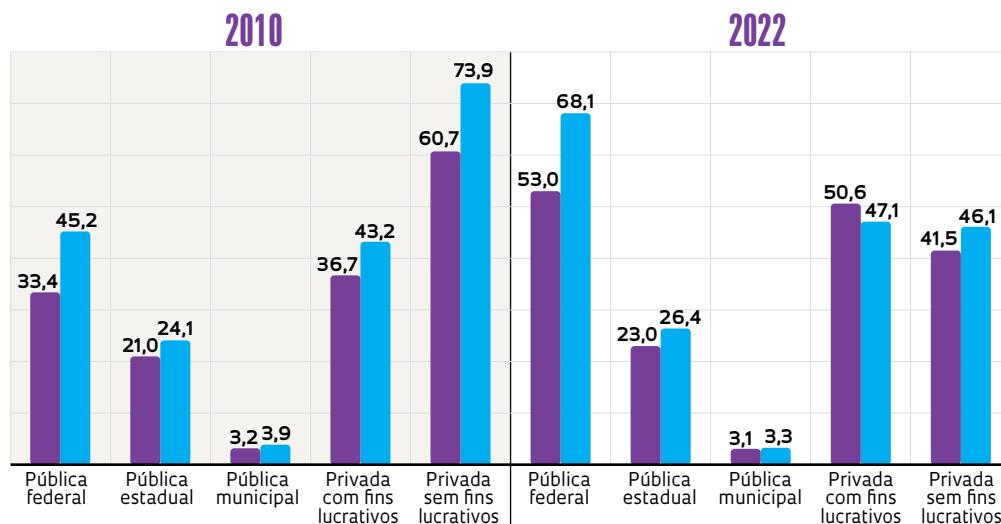
Brasil – 2010-2022



► No mesmo período, houve crescimento significativo no número de docentes nas instituições federais de ensino: entre os homens, de 45,2 mil para 68,1 mil, e, entre as mulheres, de 33,4 mil para 53 mil. Com isso, a participação feminina entre os docentes dessas instituições elevou-se de 42,4% para 43,7%

### DOCENTES EM EXERCÍCIO (MILHARES), POR SEXO E CATEGORIA ADMINISTRATIVA – 2010 E 2022

■ Feminino ■ Masculino



► Nos sistemas estaduais, no mesmo período, o aumento absoluto foi pequeno para homens e mulheres, sem alteração da distribuição por gênero: 53,4% para os homens e 46,6% para as mulheres. Nos municipais, a despeito de números absolutos relativamente pequenos, a presença feminina se ampliou de 44,8% para 48,2%

► Nas instituições privadas sem fins lucrativos, houve queda significativa no número de funções docentes (de 134 mil para 98 mil) e pequeno aumento na participação feminina (de 45,1% para 47,4%)

► Naquelas com fins lucrativos, segmento com maior crescimento no período (em número de matrículas<sup>1</sup>), o volume de funções docentes passou de 80 mil para 98 mil e a presença das mulheres superou a dos homens, passando de 45,9% para 51,8%

NOTA (1) O NÚMERO DE MATRÍCULAS NAS INSTITUIÇÕES PRIVADAS COM FINS LUCRATIVOS PASSOU DE 2,1 MILHÕES PARA 5,6 MILHÕES, ENTRE 2010 E 2022. A RELAÇÃO ENTRE MATRÍCULAS E FUNÇÃO DOCENTE PASSOU DE 26, EM 2010, PARA 58, EM 2022. COMO COMPARAÇÃO, OBSERVE-SE O VALOR DESSA RELAÇÃO PARA OS DEMAIS SISTEMAS, EM 2022 – FEDERAL, 11; ESTADUAL, 13; PRIVADA SEM FINS LUCRATIVOS, 20. NO CASO DESSE ÚLTIMO, O VALOR É ALTAMENTE INFLUENCIADO PELO GRANDE PESO DAS MATRÍCULAS NA MODALIDADE A DISTÂNCIA (2/3 DAS MATRÍCULAS)

# O ANO DA DENGUE

Virologista da Famerp fala das características da epidemia atual e da necessidade de o sistema de saúde se preparar para receber os doentes

**Ricardo Zorzetto**

O médico e virologista Maurício Lacerda Nogueira conhece bem a dengue. Há quase 20 anos ele estuda a evolução do vírus causador dessa doença que, de tempos em tempos, causa epidemias no país e deixa centenas de milhares de pessoas prostradas e com dores pelo corpo por dias. Ele próprio teve dengue três vezes. “Me sentia miserável”, conta.

Nascido em Jaboticabal, no interior de São Paulo, Nogueira formou-se em medicina na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), onde fez mestrado e doutorado. Em 2004, instalou-se em São José do Rio Preto, cidade do interior paulista onde a dengue e outras doenças transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti* são endêmicas.

Lá, implantou na Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto (Famerp) um dos laboratórios da Rede de Diversidade Genética de Vírus, financiada pela FAPESP, e investigou os fatores que levam ao desenvolvimento de quadros graves de dengue e como a imunidade evolui após a infecção. Mais recentemente, ele coordenou na Famerp um dos centros que avaliou o desempenho da formulação candidata a vacina contra a dengue desenvolvida pelo Instituto Butantan, a Butantan-DV (ver “Vacina do Butantan contra a dengue reduz em 80% o risco de adoecer”, disponível apenas no site).

Em uma entrevista concedida por videochamada em 31 de janeiro, Nogueira falou do desempenho das diferentes vacinas disponíveis contra a dengue e chamou a atenção para o risco de a epidemia atual ser a maior já vivida pelo país. A seguir, leia os principais trechos.

***Em janeiro, foram registrados 232 mil casos suspeitos de dengue, 2,5 vezes o total de janeiro de 2023. O que se deve esperar para os próximos meses?***

A expectativa é que os casos subam de modo significativo até abril. Nos últimos 20 anos, o pico de casos ocorre entre o final de março e meados de maio. Em seguida, eles caem abruptamente com a primeira frente fria. Talvez 2024 se torne o ano com o maior número de casos suspeitos, e provavelmente confirmados, da história do Brasil.

***No primeiro mês do ano, houve 15 mortes confirmadas por dengue. Em janeiro de 2023 foram 61. A dengue está menos letal este ano?***

É difícil saber. O comportamento da dengue no Brasil é diferente, por exemplo, daquele observado em Singapura, uma ilha. Lá uma epidemia se manifesta de modo mais homogêneo. No Brasil, vemos fenômenos distintos ocorrendo ao mesmo tempo. Em Belo Horizonte, há uma circulação intensa dos sorotipos 1 e 2 do vírus da dengue. No interior de São Paulo, uma região muito populosa, além



Maurício Nogueira, que estuda a dengue há quase 20 anos e já pegou a doença três vezes

rendemicidade, que é a circulação simultânea dos quatro sorotipos do vírus. Vivemos isso de 2007 a 2010, mas não de forma agressiva, com cada um dos sorotipos predominando em uma região diferente e no máximo dois circulando ao mesmo tempo. A exceção foi Manaus, onde houve uma epidemia em 2010 ou 2011 com os quatro sorotipos.

### **Quais as consequências de um quadro hiperendêmico?**

Infecções sucessivas por sorotipos diferentes favorecem a ocorrência da dengue grave, antigamente chamada de hemorrágica. Nos primeiros seis meses após a infecção por um sorotipo, o organismo fica protegido contra todos, por causa de anticorpos inespecíficos que permanecem no sangue. De nove meses a dois anos após a infecção, o nível desses anticorpos cai e facilita infecções por outros sorotipos. Esse fenômeno é chamado de facilitação mediada por anticorpos, ou *antibody dependent enhancement*, a ADE, e contribui para a ocorrência de dengue grave. Após dois anos, a infecção prévia nem protege nem agrava a seguinte. As consequências da circulação simultânea dos quatro sorotipos dependem de como será a dinâmica. Em São José do Rio Preto, tivemos em 2019 uma epidemia de dengue 2. Em 2022 e 2023, de dengue 1. Se o sorotipo 3 chegar este ano, haverá um grande risco de ocorrerem mais casos de dengue hemorrágica.

### **O tratamento da dengue é paliativo, com hidratação e medicamentos para dor e febre. Por que é importante hidratar?**

Por causa do extravasamento vascular. Com o aumento da permeabilidade dos vasos sanguíneos, parte do líquido escapa do sistema circulatório e se acumula nos tecidos. Isso pode levar ao choque hipovolêmico. Como o volume de sangue é menor, o coração não consegue bombeá-lo em quantidade suficiente para os órgãos, que entram em falência.

dos sorotipos 1 e 2, temos muitos casos de chikungunya, que causa sintomas clínicos semelhantes aos da dengue e contribui para deixar os dados confusos. Em algumas regiões do país, o vírus do sorotipo 2 em circulação é de uma linhagem cosmopolita, enquanto em São Paulo a variedade é asiática-americana. Temos ainda notícias da introdução do sorotipo 3 em alguns locais. Além dessa complexidade, preocupa o fato de que alguns estados da região Nordeste historicamente muito afetados por dengue estejam relativamente silenciosos. Se o surto que está ocorrendo em parte do país chegar a esses estados, teremos a tempestade perfeita.

### **É possível distinguir os sintomas da dengue dos da chikungunya?**

Clinicamente, é quase impossível [o médico não consegue saber qual é a doença a

partir dos sinais que o paciente apresenta]. É tão difícil distinguir uma da outra que a Organização Mundial da Saúde, a OMS, recomenda que tanto os casos suspeitos de dengue quanto os de chikungunya sejam tratados como dengue.

### **Por quê?**

Porque dengue mata. E mata rápido. Já a chikungunya evolui lentamente e raramente é letal. A mortalidade por dengue cai muito se os casos forem identificados no início e tratados. E o Brasil tem tradição em fazer isso bem. Uma consequência é que se acaba notificando tudo como dengue.

**O que a circulação simultânea de quatro sorotipos da dengue pode significar? Podem ocorrer mais casos de dengue grave? Caminha-se para um quadro de hipe-**

### **Os sorotipos causam doença com gravidade diferente?**

Sim, a linhagem asiática-americana do sorotipo 2, que circula no Brasil, é mais agressiva do que a linhagem americana, que existiu aqui no passado. Normalmente, o sorotipo 4 é menos agressivo. Esse é um quadro geral. Agora, se um indivíduo é infectado pelo vírus 4 logo depois de uma infecção por dengue 2, pode ocorrer ADE e o caso ser grave. Uma infecção pelo sorotipo 4 em uma pessoa obesa ou com diabetes também pode ser grave. Do ponto de vista da saúde pública, é importante saber qual linhagem está circulando. Em termos de cuidado com o paciente, dengue é dengue. O médico deve atender seguindo os protocolos de tratamento.

### **A Butantan-DV protege contra os sorotipos 1 e 2, mas não sabemos como funciona contra o 3 e o 4, que não circularam nos últimos anos. Ainda é possível tentar medir a eficácia contra esses sorotipos antes do fim do estudo?**

Acredito que não. O número de pessoas em seguimento hoje é pequeno. Como pesquisador, não vejo problema com os sorotipos 3 e 4. A vacina do Butantan foi formulada com vírus vivos atenuados. Os vírus dos sorotipos 1, 3 e 4 usados nela sofreram deleções genéticas que prejudicam a capacidade de reprodução. Como a deleção não prejudicou a capacidade de reprodução do sorotipo 2, recorreu-se a outra estratégia: genes do sorotipo 2 foram introduzidos no vírus do sorotipo 4, com baixa capacidade de reprodução. Quando se olham os dados dos estudos em animais e em seres humanos, vê-se que os quatro componentes se multiplicam no organismo, estimulando o acionamento do sistema imunológico. Isso não ocorre nas outras duas vacinas aprovadas para uso no país. Na vacina da Sanofi, a Dengvaxia, apenas o componente da dengue 4 se multiplica. Na vacina da Takeda, a Qdenga, só o componente da dengue 2 e, talvez, o da 1. O imunizante da Sanofi não protege contra os sorotipos 1 e 2, assim como o da Takeda não protege as crianças contra o sorotipo 3 [provavelmente porque cada vacina usa uma tecnologia distinta]. Voltando à Butantan-DV, o componente mais fraco seria o da dengue 2. Mesmo assim, houve uma proteção excelente contra esse sorotipo. Não existem moti-

vos para esperar que a proteção contra a dengue 3 e 4 seja pior. É uma hipótese. Se as agências reguladoras vão aceitar os resultados, é uma questão que o Butantan terá de enfrentar.

### **Como avaliar a eficácia contra os sorotipos 3 e 4?**

Há duas saídas. A MerckSharp&Dohme, que tem uma vacina quase idêntica à do Butantan, está fazendo um estudo clínico de fase 3 na Ásia, onde circulam os subtipos 3 e 4. Isso pode demorar. Outra saída são os experimentos de desafio humano. Neles, a pessoa, depois de tomar a vacina, é exposta ao vírus. O grupo da Anna Durbin, da Universidade Johns Hopkins, nos Estados Unidos, está fazendo esse tipo de teste. Se as agências regulatórias aceitarem os dados, a vacina do Butantan pode caminhar para um licenciamento rápido.

### **A Butantan-DV vai complementar o papel das duas vacinas em uso no país ou competir com elas?**

Acho que não competem. Os dados disponíveis até o momento sugerem que a vacina do Butantan é superior às outras. O Brasil é um país com 200 milhões de habitantes. Não se produz essa quantidade de vacinas em um ano. A própria Takeda não teria condições de suprir. São necessárias estratégias inteligentes para imunizar o máximo de pessoas em um prazo adequado e com os recursos disponíveis.



**A grande mudança no cenário da doença deve ocorrer se houver o licenciamento da vacina do Butantan, por ela ser, aparentemente, superior às outras**

### **Este ano devem chegar 5 milhões de doses da Qdenga, o que daria para imunizar 2,5 milhões de pessoas. Qual seria o impacto na epidemia?**

Há o impacto pessoal, que é inegável. Os 2,5 milhões que receberem a vacina devem ficar protegidos. Em termos de saúde pública, no entanto, isso é 1% da população brasileira e não deve causar impacto na epidemia em curso. Me preocupa a falta de proteção da vacina da Takeda contra a dengue 3. Eventualmente, podemos ter uma situação semelhante à da Sanofi.

### **O que pode ocorrer?**

A Dengvaxia, da Sanofi, funcionava como primeira infecção em crianças que nunca haviam tido dengue. Quando, em seguida, elas eram infectadas pelo sorotipo 2, desenvolviam dengue grave. Por isso seu uso foi recomendado só para quem já teve a doença. Nesse caso, ela é eficiente e funciona como reforço. A Qdenga mostrou sinais preocupantes na presença de dengue 3, com falta de eficácia e aumento de casos. Um comitê de especialistas da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical [SBMT], do qual fiz parte, não recomendou o uso da Qdenga no Sistema Único de Saúde [SUS] naquele momento. Quando a SBMT fez a recomendação, não sabíamos qual seria a estratégia de vacinação. O Ministério da Saúde [MS] optou por aplicar a vacina em adolescentes, uma faixa que não apresenta maiores problemas. É uma estratégia inteligente. O problema ocorre com crianças. Um estudo publicado em 2022 sugere que, nelas, a vacina não protege contra a infecção pelo vírus do sorotipo 3. Mas, nesse estudo, o número de casos do sorotipo 3 foi muito pequeno, assim como a proporção de pessoas que não tinham tido dengue previamente. Isso diminui a confiabilidade estatística do resultado com relação a esse sorotipo. O grupo de *experts* da OMS que avaliou a vacina não considerou isso um problema e recomendou o seu uso em uma faixa etária mais alta, os adolescentes, a faixa para a qual o MS indica o uso. A Qdenga é uma vacina boa, com um potencial de uso no sistema de saúde. A vacina da Sanofi também teria um potencial de uso.

### **Mas não foi aceita.**

Não foi. Ela foi aprovada para uso individual por pessoas que já tiveram dengue. Uma complicação adicional é que ela é administrada em três doses. To-

Técnico do  
Laboratório de  
Pesquisa em  
Virologia da Famerp  
realiza testes  
rápidos de detecção  
de dengue



das essas vacinas têm potencial de uso no SUS. Agora, o uso tem de ocorrer de forma inteligente, que não exponha as pessoas a um eventual risco. Não podemos aceitar risco.

### **Quantas pessoas teriam de ser vacinadas para se observar um efeito protetor em uma epidemia?**

Falta informação para saber. Há um impacto fundamental que é o individual. As pessoas vacinadas terão risco 80% menor de adoecer. Isso é maravilhoso. Já tive dengue três vezes. É uma doença terrível. Não tive a forma grave nem fui internado. Mas me sentia miserável. Se pudesse ter tomado vacina na época, teria sido bom. Evitaria uma doença que causa um impacto pessoal muito grande e tem um custo econômico indireto que não costumamos mensurar no Brasil. No mundo todo, são milhões de pessoas afastadas do trabalho por até cinco dias todos os anos.

### **Não há vacina para todos no SUS, mas tem disponível no setor privado. Quem pode pagar deve tomar?**

É uma decisão individual, que deve ser tomada consultando o médico.

### **Um artigo de revisão publicado em 2022 na revista *BioDrugs* enumerava sete compostos candidatos a vacina contra a dengue. Os três mais promissores eram os da Sanofi, da Takeda e do Butantan. Há outras no horizonte?**

Há várias, em estágios anteriores dos testes. Nesse momento, a grande mudança deve ocorrer se houver o licenciamento da vacina do Butantan, por ela ser, aparentemente, muito superior às outras.

### **Sem vacina para todos, a saída é controlar o vetor. O Brasil fez isso até meados do século passado. É possível fazer de novo?**

Hoje é impossível repetir a forma como ocorreu a erradicação do vetor no passado. Dois processos que ocorreram até meados do século XX não seriam aceitos. O primeiro foi a estratégia do “pé na porta”, adotada em campanhas para erradicar os focos do *Aedes aegypti*. O agente de saúde entrava na casa com você, sem você ou apesar de você. Pode-se discutir o mérito disso na saúde pública, mas não seria aceito hoje pela sociedade. O segundo era a utilização de inseticidas piretroides e outros produtos muitos tóxicos, o que também não seria mais aceito. Desde que retornaram as epidemias de dengue em 1986 no Brasil, falamos de controle do vetor. Criamos várias estratégias, mas não conseguimos. Porém há algo que parece ter potencial: controlar a capacidade vetorial.

### **O que é isso?**

É a capacidade de o mosquito transmitir a doença. Não é erradicar o mosquito, mas diminuir sua capacidade de transmitir o vírus. Isso tem sido tentado com a liberação na natureza de mosquitos infectados propositalmente com uma bactéria do gênero *Wolbachia*. Essa bactéria coloniza o trato digestório do mosquito e impede que os vírus da dengue, zika, chikungunya e febre amarela infectem as células dos intestinos e se multipliquem. Como os vírus não conseguem se multiplicar, eles não chegam em grande quantidade às glândulas salivares do inseto, de onde são injetados durante a picada. Com isso, a transmissão é inter-

rompida. Uma vantagem é que, quando o mosquito se reproduz na natureza, ele transmite a bactéria para a prole. Há um investimento grande do *World Mosquito Program*, um programa mundial que tem tentado utilizar o mosquito infectado com *Wolbachia*. A Fiocruz [Fundação Oswaldo Cruz] e o MS têm também investido bastante. Há alguns dados de estudos preliminares mostrando uma boa efetividade, mas ainda não temos os resultados de um grande estudo controlado que está em desenvolvimento em Belo Horizonte, Contagem e Betim.

### **Como é o estudo?**

Dividimos os municípios de Belo Horizonte, Contagem e Betim em 36 *clusters* [conglomerados de pessoas] e em alguns deles estamos liberando mosquitos com *Wolbachia* e fazendo o controle usual do vetor. Em outros, apenas o controle usual do vetor. Estamos indo para o quarto ano de acompanhamento, mas só liberaremos os resultados ao final do experimento.

### **É uma estratégia a mais.**

Não existe bala de prata. Se alguém me perguntasse há oito anos se a dengue teria controle, obteria uma resposta pessimista. Hoje estou extremamente otimista.

### **O que mudou?**

Há hoje um tripé para combater a dengue. Existem duas vacinas licenciadas que, apesar das limitações, se bem utilizadas, são excelentes ferramentas. Temos uma terceira, talvez melhor, a caminho. A segunda perna do tripé é o uso de mosquitos infectados com *Wolbachia*, que cumpre o papel de diminuir de forma significativa a transmissão. A terceira é que há ao menos três medicamentos antivirais específicos para a dengue que estão em testes clínicos de fase 2 e 3.

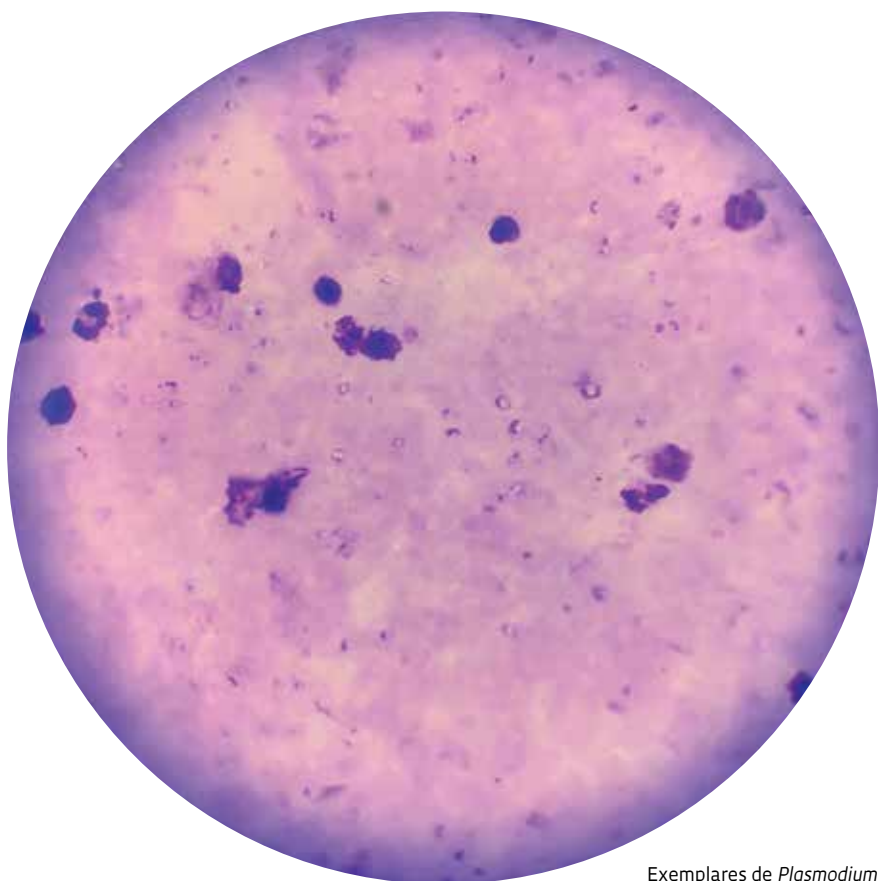
### **O que mais dá para fazer?**

A dengue é uma doença que se pega em casa. É papel nosso cuidar da nossa casa. Não adianta esperar que o Estado vá tomar conta do nosso quintal. Não resolve tudo, mas diminui. Como não é possível controlar uma epidemia de dengue, o que temos de fazer agora que os casos estão subindo é preparar o sistema de saúde para receber os doentes e conscientizar a população sobre como evitar criadouro de mosquito. ■

# QUANDO A DEFESA FAVORECE O INVASOR

Mecanismo que impede ação exagerada do sistema imune facilita multiplicação do agente causador da malária

Renata Fontanetto



Exemplares de *Plasmodium falciparum* (áreas escuras) em amostra de sangue analisada ao microscópio comum

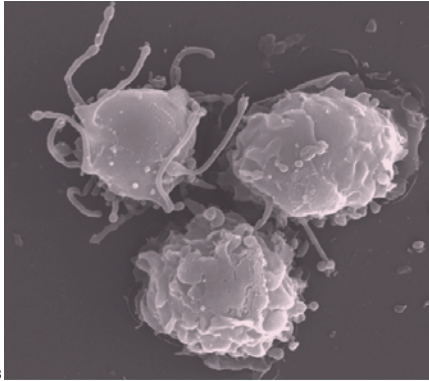
Os principais sintomas da malária – febre, cansaço, mal-estar e dores pelo corpo – costumam aparecer de 10 a 15 dias depois de o parasita causador da doença, o protozoário do gênero *Plasmodium*, ser injetado no corpo pela picada de uma fêmea de mosquito *Anopheles* infectada. Crianças, gestantes, portadores do vírus HIV e pessoas que nunca tiveram contato com o patógeno correm risco mais alto de desenvolver a forma mais grave da doença, que causa 600 mil mortes por ano no mundo – quase todas (95%) na África. Um estudo liderado por pesquisadores brasileiros e publicado em fevereiro na revista *Cell Metabolism* elucidou um mecanismo de autorregulação que, na malária, evita uma resposta exagerada do sistema imune. Ao fazer isso, o sistema de defesa evita danos ao corpo humano, mas favorece a multiplicação do protozoário e, com ela, o agravamento da doença.

Em experimentos com um modelo animal que simula a malária humana, a equipe do imunologista Ricardo Gazzinelli, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), verificou que a segunda fase de ativação do sistema imune, na qual o organismo se prepara para agir com força total contra o invasor, não funciona como o esperado. Na malária, um sinal químico que induz o amadurecimento das células dendríticas, responsáveis por amplificar a resposta imunológica recrutando mais componentes da defesa contra o invasor, causa o efeito oposto ao desejado. Em vez de preparar as células dendríticas para recrutar outras com ação específica contra o parasita, esse sinal desorganiza o funcionamento dessas células e freia a resposta imune. O resultado? O protozoário ganha tempo para se reproduzir sem ser perturbado, intensificando os sintomas da malária.

“Essa alteração na atividade das células dendríticas é uma forma de autorregulação imunológica”, explica Gazzinelli, que também é professor na Universidade de Massachusetts, nos Estados Unidos,



Fêmea de *Anopheles stephensi*, um dos transmissores da malária, e células dendríticas, cujo funcionamento está alterado na doença, vistas ao microscópio eletrônico



onde parte dos experimentos foi realizada com apoio da FAPESP. “Ela evita a hiperativação do sistema imune, que pode ser danosa para o indivíduo. Isso protege o organismo do hospedeiro, mas favorece a multiplicação do parasita.”

Assim como nas infecções por vírus ou bactérias, também na malária o sinal de amplificação da resposta imunológica é dado por uma proteína chamada interferon-gama, um mensageiro químico produzido por determinadas células de defesa expostas ao invasor no início da infecção. Liberado pelas células *natural killers* e pelos linfócitos T que tiveram contato com o parasita na primeira onda da resposta imune, o interferon-gama dispara no baço a fase seguinte do combate. Nesse órgão com o tamanho de um punho, que integra o sistema imune e fica na parte superior esquerda do abdômen, o sinalizador estimula células de defesa em repouso (os monócitos) a se transformarem em células dendríticas, que eventualmente envolvem o parasita, despedaçam-no e apresentam esses fragmentos para outro grupo de linfócitos, os T CD8+. Estes, por sua vez, acionam outros componentes do sistema de defesa capazes de destruir as células infectadas. Isso, claro, quando tudo sai como o imaginado.

Só que na malária parece ocorrer algo diferente, constatou a bióloga Theresa Ramalho. Durante um estágio de pós-

-doutorado realizado em Massachusetts sob a supervisão de Gazzinelli, ela infectou camundongos com *Plasmodium chabaudi*, uma espécie que causa malária em roedores, e analisou o comportamento das células dendríticas do baço.

Ramalho observou que o interferon-gama desorganiza o funcionamento dessas células. Inicialmente, o sinalizador induz algo previsível e até desejável em células que desempenham uma atividade intensa: um aumento no consumo de glicose, a principal fonte de energia.

O problema é que, na malária, o ciclo de transformação da glicose em energia não se completa. Nas células dendríticas, o interferon-gama estimula a produção de uma proteína que interrompe o processo no meio do caminho. Essa proteína, a enzima aconitato desidrogenase1 (Acod1), impede que a digestão da glicose seja concluída e transforma o açúcar parcialmente digerido em itaconato, um composto que passa a se acumular nessas células e impede o funcionamento das mitocôndrias, as centrais energéticas. “Nas células dendríticas dos roedores infectados, os níveis de itaconato estavam 35 vezes mais elevados que o normal. No sangue, quatro vezes mais”, conta Ramalho, primeira autora do estudo.

Capaz de impedir o crescimento de bactérias, o itaconato não tem o mesmo efeito microbicida contra protozoários, organismos também formados por uma só célula, mas mais complexos. O aumento dos níveis de itaconato nas mitocôndrias danifica essas organelas e dispara uma sequência de fenômenos nas células dendríticas que as impedem de ativar os linfócitos T CD8+. “O parasita se aproveita dessa situação e se multiplica mais”, explica a bióloga.

Testes com roedores geneticamente alterados para não produzir Acod1 – e não acumular itaconato – mostraram que a ausência dessa enzima foi suficiente para restabelecer o acionamento dos linfócitos T CD8+. “Sem o itaconato, os camundongos combateram melhor a infecção e a quantidade de plasmódio no sangue foi menor”, relata a pesquisadora.

O acúmulo de itaconato observado nesse modelo experimental de malária parece ocorrer também na doença humana. Os pesquisadores verificaram que, em pessoas infectadas com *Plasmodium falciparum*, predominante no continente africano e causador da forma mais letal de malária, as células dendríticas produziam mais Acod1. Algo semelhante foi constatado na infecção por *Plasmodium vivax*, o mais comum fora da África, em geral associado a uma enfermidade mais branda. Os níveis de itaconato estavam mais elevados no sangue de pessoas infectadas com essa espécie do parasita.

Especialistas em malária que não participaram do estudo afirmam que os achados são promissores e podem ajudar na formulação de novas terapias contra o plasmódio. “Tanto o itaconato quanto a enzima Acod1 podem virar alvo de possíveis intervenções clínicas”, afirma a bióloga Cristiana de Brito, da Fiocruz. Na sua avaliação, o itaconato pode ainda se tornar um marcador da doença. “Medir seus níveis no sangue talvez permita identificar as pessoas com maior risco de evoluir para um quadro grave de malária”, explica.

A biomédica Sílvia Boscardin, da Universidade de São Paulo (USP), compartilha da mesma visão. Para ela, o trabalho traz indícios convincentes de que o itaconato pode desempenhar um papel imunossupressor também nos seres humanos. “Isso cria a possibilidade de testar, quando disponíveis para uso clínico, eventuais medicamentos que reduzam o acúmulo desse composto para avaliar se poderiam melhorar a condição clínica dos pacientes”, afirma. ■

O projeto e o artigo científico consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

# UMA FORMA ACIDENTAL DE ALZHEIMER

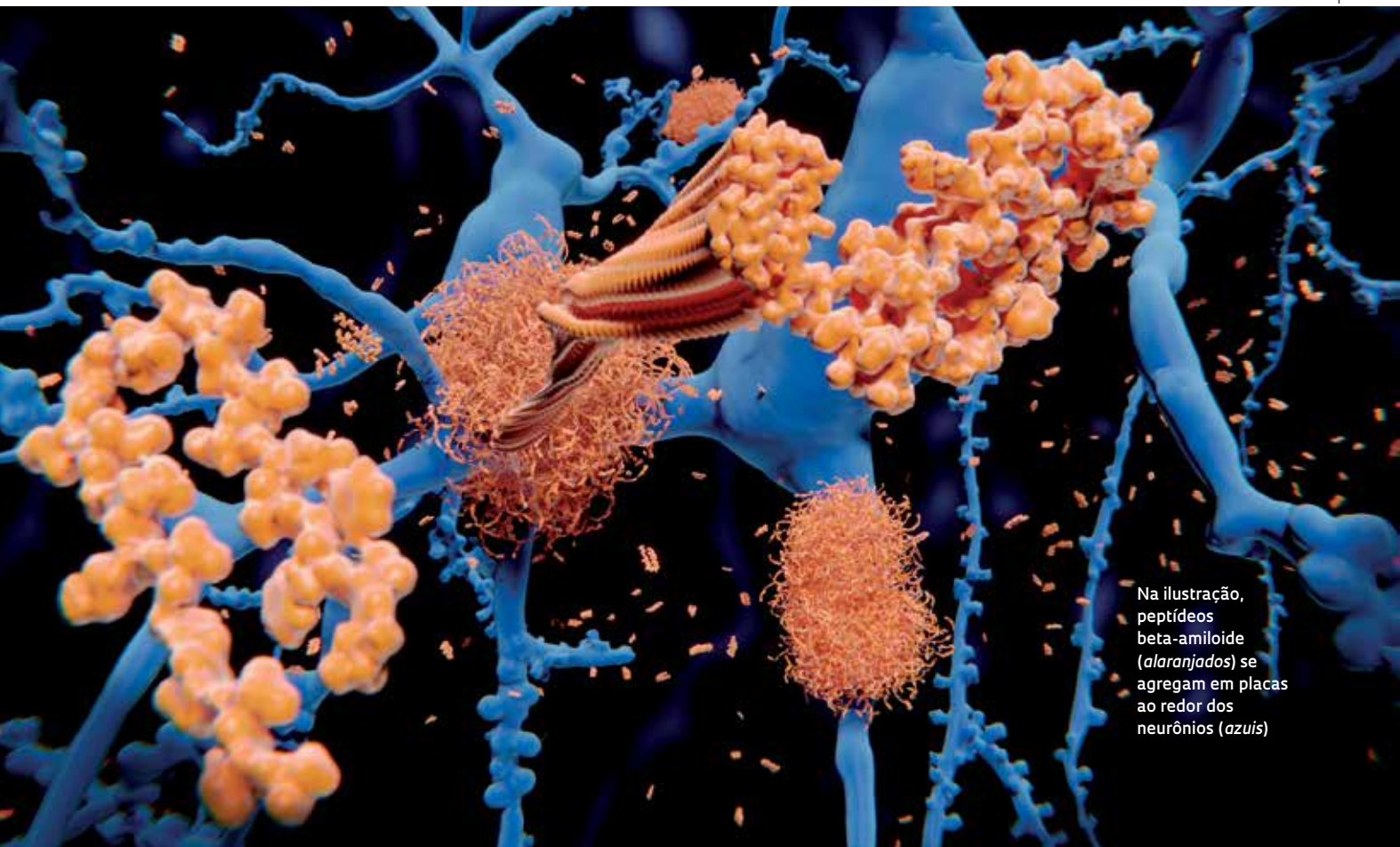
Um estudo identifica casos decorrentes do uso de hormônio extraído de cadáveres e outros sugerem um mecanismo de espalhamento da doença no cérebro

Ricardo Zorzetto

Um artigo publicado em janeiro na revista *Nature Medicine* apresentou cinco casos humanos de uma forma potencialmente nova – e raríssima – da doença de Alzheimer: a enfermidade adquirida por meio de procedimentos médicos (iatrogênica), algo que ocorreria em situações excepcionais.

Os cinco pacientes chegaram entre 2017 e 2022 a um serviço especializado do sistema de saúde do Reino Unido, encaminhados por outros hospitais. Eles apresentavam sinais típicos da enfermidade, como falhas recorrentes de memória, dificuldade para organizar a fala ou planejar a rotina. Dois haviam recebido previamente o diagnóstico clínico de Alzheimer, apoiado por marcadores em exames de sangue ou imagem, e um terceiro caso foi confirmado na autópsia, que identificou as lesões no cérebro características da doença.

Atendidos pela equipe do neurologista John Collinge, do University College London (UCL), coordenador do estudo, esses pacientes eram mais jovens que o habitual. Tinham entre 38 e 55 anos quando começaram a apresentar os sintomas, enquanto a forma esporádica – responsável por quase 99% dos casos – costuma se manifestar predominantemente a partir dos 65 anos. Além disso, eles não apresentavam as mutações gênicas associadas ao Alzheimer hereditário – forma que corresponde a cerca de 1% dos casos da doença – nem tinham pais com essas alterações.



Na ilustração, peptídeos beta-amiloide (alaranjados) se agregam em placas ao redor dos neurônios (azuis)



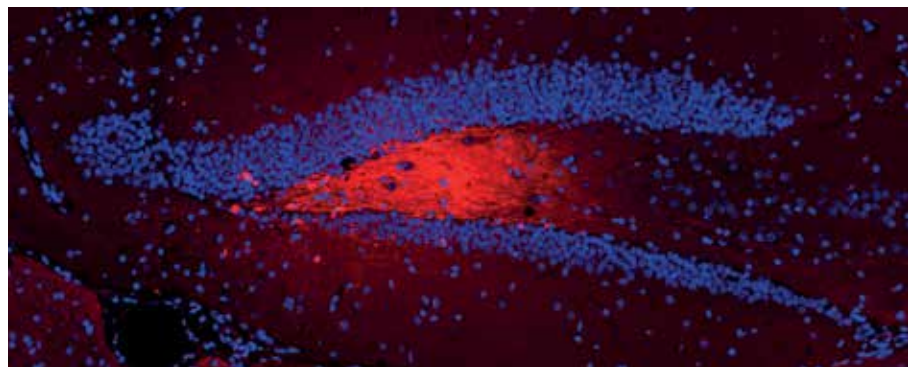
Todos, porém, apresentavam algo em comum. Na infância, haviam recebido injeções intramusculares de hormônio do crescimento extraído da glândula pituitária de cadáveres, para tratar problemas de baixa estatura. Essa versão do hormônio deixou de ser usada no mundo em 1985, substituída pelo hormônio sintético, após surgirem evidências de que levava ao desenvolvimento de uma enfermidade neurológica fatal: a doença de Creutzfeldt-Jakob, causada por uma proteína infecciosa chamada príon.

Collinge dirige, no UCL, o Departamento de Doenças Neurodegenerativas e, no sistema de saúde britânico, a Clínica Nacional do Príon, especializada no diagnóstico e no acompanhamento de pessoas com enfermidades causadas por esse agente infeccioso. Príons são versões defeituosas de uma proteína abundante na superfície dos neurônios e importante para o funcionamento dessas células, responsáveis pelo processamento da informação no cérebro. Eles podem surgir espontaneamente ou serem adquiridos por consumo de carne bovina infectada ou uso de instrumentos neurocirúrgicos e de implantes de tecidos contendo príons (ver Pesquisa FAPESP nº 148). No sistema nervoso central, induzem a deformação das proteínas saudáveis, que se tornam tóxicas e matam os neurônios, deixando o cérebro poroso como uma esponja.

“Nossos achados sugerem que o Alzheimer e algumas outras enfermidades neurológicas compartilham mecanismos de evolução semelhantes aos da doença de Creutzfeldt-Jakob”, afirmou Collinge, em um comunicado à imprensa.

Forma mais comum de demência no mundo, responsável por até 70% dos casos, o Alzheimer inicia com o acúmulo de fragmentos de uma proteína da superfície dos neurônios, a proteína precursora do amiloide. À medida que envelhece, o corpo passa a processar essa proteína de modo anormal e a quebrá-la em fragmentos chamados peptídeos beta-amiloide, que tendem a se agregar. Por aumento na produção ou deficiência na eliminação desses peptídeos, eles passam a se acumular e formam placas no exterior dos neurônios que disparam eventos nocivos e, com o tempo, fazem as proteínas tau em estado hiperfosforilado se agruparem em emaranhados tóxicos. Estes, por sua vez, matam essas células e ocasionam os sintomas clínicos da enfermidade. Nos últimos anos viu-se que os peptídeos beta-amiloide e as proteínas tau hiperfosforiladas podem se propagar entre os neurônios por um processo similar ao dos príons.

Havia pelo menos uma década Collinge e seus colaboradores suspeitavam que, assim como os príons, os peptídeos beta-amiloide pudessem ser transmitidos de uma pessoa para outra, iniciando a “semeadura” da doença. As primeiras



evidências surgiram quando a neuropatologista Zane Jaunmuktane, do UCL, identificou a deposição de aglomerados de beta-amiloide no cérebro e nos vasos sanguíneos do sistema nervoso central de quatro pessoas que desenvolveram a doença de Creutzfeldt-Jakob depois de tratadas com o hormônio contaminado com príon. Publicados em 2015 na revista *Nature*, os resultados não permitiam, no entanto, saber se as placas de beta-amiloide estavam lá antes dos príons ou se haviam sido “semeadas” com eles.

Imagem mostra vesículas (vermelho) com beta-amiloide injetadas no hipocampo (faixa azul em forma de V) de camundongos

A suspeita da transmissão ganhou força em 2018. A química Silvia Purro, da equipe do UCL, analisou frascos de lotes de hormônio aplicados em quem teve Creutzfeldt-Jakob e constatou que, além de príon, eles continham beta-amiloide e tau-hiperfosforilada. Purro injetou as amostras contaminadas no cérebro de camundongos e demonstrou, em outro artigo publicado na *Nature*, que elas “semeavam” os peptídeos e causavam as lesões do Alzheimer. Faltavam, agora, evidências de que o mesmo poderia ter ocorrido com as pessoas que receberam o hormônio na infância.

A confirmação veio com o trabalho na *Nature Medicine*. Parte dos pacientes com Alzheimer havia recebido hormônio de lotes contendo beta-amiloide e tau, inclusive de lotes que “semearam” a doença em roedores. “Descobrimos que é possível que a patologia beta-amiloide seja transmitida e contribua para o desenvolvimento da doença de Alzheimer”, contou a neurologista Gargi Banerjee, primeira autora do estudo, no comunicado à imprensa.

“Esse, no entanto, é um mecanismo raro. A transmissão ocorreu por uma via muito específica. Não é um agente contagioso, que possa passar de uma pessoa a outra, por exemplo, por contato ou troca de fluidos”, observa o neurologista Adalberto Studart Neto, membro do Grupo de Neurologia Cognitiva e do Comportamento da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP), que não participou da pesquisa. Das 1.848 pessoas tratadas com hormônio do

crescimento de cadáver entre 1959 e 1985 no Reino Unido, só cinco (0,3%) teriam sido contaminadas com o peptídeo e desenvolvido Alzheimer.

**E**m um comentário publicado na mesma edição da *Nature Medicine*, o neurocientista suíço Mathias Jucker, da Universidade de Tübingen, na Alemanha, e o norte-americano Lary Walker, da Universidade Emory, nos Estados Unidos, foram cautelosos. “Por um lado, é prudente considerar essas conclusões com certa dose de ceticismo. Os casos apresentados são diversos e complicados; os indivíduos foram submetidos a uma variedade de intervenções médicas para vários distúrbios no início da vida e é difícil excluir uma contribuição dessas circunstâncias para os fenótipos complexos da doença que apareceram muitos anos depois”, escreveram. “Por outro lado”, afirmaram, “há boas razões para levar a sério as conclusões. Só os indivíduos que receberam hormônio de crescimento cadavérico preparado de uma maneira específica desenvolveram as características da doença de Alzheimer.”

Quase ao mesmo tempo que surgiam os indícios de transmissibilidade desses componentes, acumulavam-se evidências, algumas obtidas por brasileiros, da importância de um mecanismo para o espalhamento dessas enfermidades no cérebro: a produção de vesículas extracelulares, pequenas bolsas (do tamanho de um vírus) contendo proteínas, material genético e até organelas.

“Por muito tempo elas foram consideradas o caminhão de lixo das células, que servia para eliminar o que não funcionava mais”, conta a bioquímica e neurocientista Fernanda De Felice, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que investiga o papel dessas estruturas no Alzheimer.

A percepção de que esses pequenos pacotes poderiam desempenhar outros papéis começou a mudar quando se observou que, em certas situa-

ções, elas poderiam atuar como um mensageiro entre as células, além de contribuir na disseminação das lesões do Alzheimer. Em um artigo publicado em 2012 no *Journal of Biological Chemistry*, o grupo da neurocientista Efrat Levy, da Universidade de Nova York, nos Estados Unidos, isolou vesículas produzidas no cérebro de roedores usados no estudo do Alzheimer e demonstrou que elas podiam carregar cópias do peptídeo beta-amiloide.

Mais tarde, o neurocientista Tsuneya Ikezu e sua equipe na Universidade de Boston verificaram que as vesículas obtidas do cérebro de pessoas com Alzheimer continham bem mais beta-amiloide e tau hiperfosforilada do que as de indivíduos saudáveis, segundo artigo na *Alzheimer's & Dementia*. Em outro trabalho, publicado em 2021 na *Brain*, o grupo de Boston constatou que as vesículas contendo tau podiam disseminar as lesões do Alzheimer no cérebro de roedores.

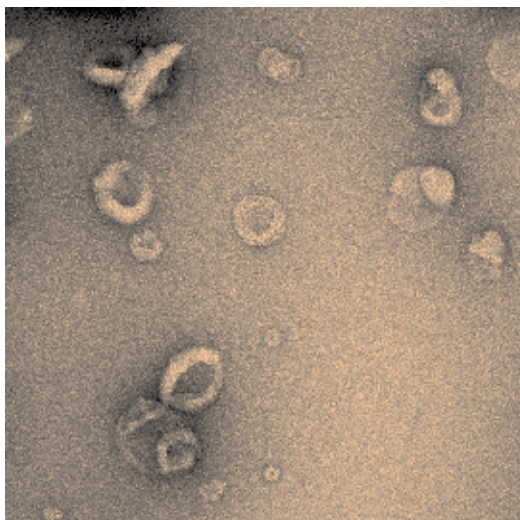
“Nessas situações, elas funcionam como um cavalo de troia”, comenta o neurocientista brasileiro Victor Bodart Santos, que faz um estágio de pós-doutorado no laboratório de Ikezu na Clínica Mayo, nos Estados Unidos.

Em um estudo publicado em 2023 na revista *Alzheimer's & Dementia*, parte de seu doutorado realizado sob a orientação de De Felice, Bodart Santos comprovou que, além de disseminar as lesões, as vesículas carregadas com beta-amiloide e tau induzem os sinais clínicos da doença.

Ele injetou as vesículas com esses componentes no cérebro de roedores e os submeteu a uma série de testes. Nas provas que avaliaram a motivação para explorar o ambiente, a capacidade de localizar um abrigo e a de reconhecer objetos, esses animais se saíram bem pior do que os que receberam vesículas sem beta-amiloide e tau. Os prejuízos foram mais intensos e surgiram mais cedo quando os roedores eram geneticamente alterados para apresentar a versão humana da proteína tau.

“Embora as vesículas não sejam vistas como o mecanismo principal de dispersão da doença no cérebro, esse trabalho confirma que, sozinhas, elas podem ser suficientes para causar o Alzheimer”, comenta o neurologista Wyllians Borelli, coordenador de pesquisa do Centro da Memória do Hospital Moinhos de Vento, em Porto Alegre, no Rio Grande do Sul.

“As vesículas parecem ser uma forma eficiente de disseminar os componentes da doença no cérebro porque elas os protegem da deterioração que poderiam sofrer no meio extracelular”, conta Bodart Santos. “Elas foram capazes não só de propagar as lesões como de fazer os animais manifestarem os comportamentos típicos da doença”, lembra De Felice. ■



Com o tamanho de um vírus, vesículas carregam proteínas e ajudam a dispersar as lesões do Alzheimer

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



Dona Cida exhibe artesanato durante gravação de minidocumentário

# QUILOMBO E UNIVERSIDADE

Projeto de pesquisa participativa em comunidades registra conhecimento de moradores sobre o uso de plantas

Letícia Naísa

Quando começa a sentir a garganta arranhando, “querendo inflamar”, o gestor ambiental Luciano Assunção entra no mato atrás de folhas de pitanga. Em casa, prepara uma receita que sabe de cor: mergulha as folhas na água quente e faz um chá, que deve ser engrossado na panela com açúcar, até virar um xarope. Para melhorar a dor de garganta, tem que ser ingerido uma vez por dia, de preferência à noite. “É só tomar que logo passa”, diz Assunção, que aprendeu a fórmula com os pais quando era criança. Ele mesmo é pai de duas crianças pequenas e lhes administra a bebida quando é preciso.

A receita não é um tratamento milagroso nem foi tirada de fontes duvidosas da internet, mas faz parte da tradição centenária de uso de plantas medicinais pela comunidade do Quilombo da Fazenda, que fica em Ubatuba (SP). Tanto essa receita quanto outros 436 tipos de uso de 221 plantas foram registrados no livreto *O uso das plantas pelo Quilombo da Fazenda*, feito pela própria comunidade com a ajuda de pesquisadores

do Centro de Estudos Etnobotânicos e Etnofarmacológicos (CEE) da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).

Desde 2015, uma equipe do CEE auxilia os moradores do Quilombo da Fazenda e do Quilombo do Cambury – ambos no litoral paulista – a registrar seus conhecimentos sobre o uso da vegetação local. Os saberes tradicionais dos residentes vão desde fins medicinais até o uso de plantas em peças artesanais e receitas culinárias. “É um conhecimento passado de geração a geração, mas que está se perdendo”, comenta a cientista ambiental Thamara Sauini, estudante de doutorado em biologia química na Unifesp e integrante do CEE. Em oito anos de trabalho, o grupo produziu, com a ajuda dos moradores de cada quilombo, cinco documentários, dois livretos, um manual para manejo da taboa (*Typha domingensis*) – planta usada para artesanato – e seis trabalhos acadêmicos (artigos e dissertações). O artigo mais recente, publicado em novembro na revista *PeerJ*, compara o uso de plantas nos dois quilombos com base na etnobotânica participativa. Há também vídeos com instruções para a produção de cosméticos, disponíveis no YouTube.

**A** metodologia usada pelos pesquisadores para essa produção foi denominada etnobotânica participativa. “Quando me perguntam o que eu, como cientista, pretendo devolver para a comunidade com esse trabalho, digo que não posso devolver algo que já é daquela comunidade”, reflete a bióloga Eliana Rodrigues, coordenadora do CEE e idealizadora da proposta de etnobotânica participativa. “Eles são protagonistas, atores e pesquisadores do projeto”, conta Rodrigues. Na primeira fase do trabalho, entre 2016 e 2018, os moradores dos dois quilombos receberam oficinas sobre métodos de antropologia cultural, botânica e como fazer o levantamento etnobotânico em seus territórios. De 2019 em diante, os pesquisadores da universidade e da comunidade colocaram os aprendizados em prática.

“A comunidade não tem recursos para fazer um livro ou um filme”, afirma Assunção, que só toma remédios alopáticos em casos de urgência. “Prefiro sempre o remédio do mato”, diz. Por muito tempo, a natureza era a única fonte de remédio que a comunidade conhecia. Foi no final dos anos 1970, com a construção da rodovia Rio-Santos, que os moradores quilombolas passaram a ter acesso a serviços de saúde e farmácias nas cidades mais próximas.

No Quilombo da Fazenda, além do registro de saberes para futuras gerações, havia uma demanda por um plano de manejo participativo da taboa. “Como o Parque Estadual da Serra do Mar

foi implantado em cima da nossa comunidade, a área de roça ficou mais restrita e precisamos de um registro de como fazemos o manejo, mostrando que não é prejudicial ao ambiente”, explica o gestor ambiental. De acordo com o parque, as comunidades tradicionais localizadas na região podem usar os recursos naturais de forma sustentável desde que haja um plano de manejo para cada espécie utilizada por elas.

A taboa é uma das principais matérias-primas para os artesãos do Quilombo da Fazenda. Trata-se de uma planta aquática nativa do Brasil que, nas mãos de pessoas habilidosas, se transforma em esteiras, bolsas, chapéus, tapetes, fruteiras, descanso de panela e até em porta-retratos. Para isso, colhem as folhas no taboal – preferencialmente na semana de Lua minguante, quando não há muitas pragas nas plantas – no período da manhã e antes da floração. É preciso esperar pelo menos três meses para uma nova colheita. As melhores folhas para o artesanato são as maiores, não amareladas e sem flores. Com a matéria-prima em mãos, os artesãos secam o conjunto de folhas ao Sol, o que pode levar até três dias. Depois, destalam a taboa, ou seja, separam as folhas para mais um período de secagem, que pode ser de quatro até oito dias, dependendo das condições climáticas.

Quando secas, as palhas de taboa podem ser guardadas por longos períodos, segundo o manual *Recomendações de boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da taboa*, produzido pelo grupo do CEE com os moradores do Quilombo da Fazenda. Os artesãos coletam as folhas de acordo com a demanda local de vendas dos artesanatos. Para fazer as peças de arte-



Taboa (*Typha domingensis*) é uma planta aquática nativa do Brasil

Artesã faz colheita da taboa no Quilombo da Fazenda, no litoral paulista



sanato que são expostas e vendidas na Casa de Artesanato do quilombo, as folhas são trançadas e amarradas à mão.

O plano de manejo foi uma demanda da comunidade para os pesquisadores e o manual sobre a extração foi produzido a partir do conhecimento local, e não pelo caminho inverso muitas vezes praticado pela ciência. “É muito diferente de quando fazemos uma pesquisa e chegamos a determinado resultado para ser aplicado a uma comunidade. A técnica participativa tem origem em um conhecimento que aquelas pessoas dominam e aplicam no cotidiano”, explica a engenheira florestal Sandra Pavan, doutora em ecologia pela Universidade de São Paulo (USP) e consultora ambiental, integrante do projeto. “Por isso é importante a participação dos moradores desde o começo do projeto”, avalia.

**N**o caso da taboa, só quem pratica a extração sabe a melhor forma de fazê-la. “O taboal é alagado, tem lugar que afunda acima do joelho. Mas sabemos exatamente onde atola”, diz Assunção, que também é artesão e conhece muito bem a região – há mais de 20 anos atua como monitor ambiental no parque estadual. “O conhecimento científico muitas vezes ignora o conhecimento tradicional, embora eles se complementem. Essa união tem tudo para dar certo”, opina o morador do quilombo.

A ponte entre a ciência formal, feita em universidades e centros de pesquisa, e o conhecimento tradicional de comunidades quilombolas e indígenas não é fácil de ser construída nem é tão comum, aponta o pedagogo e antropólogo Antonio Carlos Benites Guarani-Kaiowá, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS).

“Esse diálogo é muito recente: por mais que a antropologia e as ciências sociais nessa área existam há décadas, há resistência da academia como um todo em aceitar que não existe uma única ciência e que há muito o que aprender com outros povos que já existiam muito antes da chegada da medicina e de outros conhecimentos”, avalia Benites, que nasceu e cresceu no município de Tacuru, na aldeia indígena Jaguapiré (MS). “Nossos conhecimentos são de vivência e de prática, não só de fala, mas de fazer. É uma ciência que a gente vive.” Para ele, a pesquisa colaborativa é importante para que esses dois lados comecem a se ouvir.

Em sua aldeia, Benites viu muitos pesquisadores irem e virem. Hoje, ele mesmo registra o conhecimento local e, às vezes, faz estudos de campo em outras aldeias. “O papel da pesquisa escrita é de deixar marcas da nossa resistência e da nossa existência, tanto para quem é de fora quanto internamente, para fortalecer nosso espaço e nossa cultura”, explica o pesquisador, que tem se concentrado em aprender a ciência ocidental, como ele classifica, para usá-la a favor de sua comunidade.

Para Assunção, o registro na academia do conhecimento quilombola é importante para as comunidades locais e vai abrir muitas portas. “Temos outras áreas dentro do parque em que pessoas que fazem o manejo de taboa podem usar o nosso material de base para registrar também seus usos”, diz o gestor ambiental. Segundo Rodrigues, do CEE, o plano de manejo da taboa pode servir de inspiração e fonte de informação para comunidades do Brasil inteiro. ■

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



## OS MISTERIOSOS GATOS-DO-MATO

Estudos da ecologia, aparência e genética redefinem a configuração do complexo de espécies *Leopardus tigrinus*

Maria Guimarães

**D**e longe, os gatos-do-mato parecem todos iguais. Menos para o biólogo Tadeu de Oliveira, da Universidade Estadual do Maranhão (Uema). Ele já viu milhares de imagens e vídeos registrados por armadilhas fotográficas, acionadas quando um animal passa por um sensor. Já observou os animais na natureza e em zoológicos. Com o biólogo costa-riquenho Lester Fox-Rosales, à época pesquisador na Uema, e mais 40 coautores, ele acaba de redefinir as fronteiras conceituais e geográficas da espécie *Leopardus tigrinus* com base em características morfológicas, ecológicas e geográficas, em artigo publicado em janeiro na revista *Scientific Reports*.

Descrita em 1777 com base em um animal coletado na Guiana Francesa, a espécie ao longo dos séculos foi dividida em quatro subespécies: *Leopardus tigrinus tigrinus*, *L. t. pardinoides*, *L. t. oncilla* e

*L. t. guttulus*. Em 2013 o gato-do-mato-do-sul tornou-se uma espécie distinta, *L. guttulus*, em consequência do estudo da geneticista Tatiane Trigo, que mostrou não haver intercâmbio genético com as outras espécies. À época, ela estava em estágio de pós-doutorado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) sob a supervisão de Thales de Freitas, da mesma instituição, e Eduardo Eizirik, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS).

As divisões taxonômicas são baseadas nos dados disponíveis, em geral insuficientes e provisórios. Oliveira explica que um diferencial de seu trabalho é o que chama, brincando, de algoritmo cerebral, mais treinado que os de programas de reconhecimento de imagem. Com base no tamanho do animal e suas orelhas, o formato da cauda, o padrão de manchas (rosetas) e a aparência geral, ele bate o olho e reconhece com confiança os diferentes tipos de gatos-do-mato.

Um momento marcante para o biólogo na pesquisa sobre gatos-do-mato se deu em 2011, quando a ecóloga norte-americana Rebecca Zug, que estudava o urso andino (*Tremarctos ornatus*) no doutorado, enviou-lhe centenas de fotos de felinos que tinham acionado suas armadilhas fotográficas. “Passei a madrugada olhando as imagens e vi que eles não eram da mesma espécie que conhecia”, relembra. Zug, atualmente na Universidade São Francisco de Quito, no Equador, é coautora do artigo da *Scientific Reports*.

O resultado do trabalho que se seguiu é uma reorganização de *L. tigrinus*, sugerindo o estabelecimento de uma espécie separada. Os animais andinos, até agora identificados como *L. t. pardinoides*, revelaram-se completamente distintos dos outros – tendo inclusive duas tetas, enquanto os outros *tigrinus* têm quatro. A proposta é que as populações que vivem na cadeia montanhosa sul-americana passem a se chamar *L. pardinoides*. O felino,

que vive nas matas nebulares andinas, tem o nome popular de gato-nebuloso.

Às conclusões do estudo dos animais vivos somam-se os resultados genômicos do trabalho do geneticista belga Jonas Lescroart, estudante de doutorado conjunto entre a PUC-RS e a Universidade de Antuérpia, com orientação, respectivamente, de Eizirik e do evolucionista Hannes Svardal. Em artigo de dezembro na revista *Molecular Biology and Evolution*, ele mostrou que *L. pardinoides* é parente próximo de *oncilla*, da América Central. “Os dados genômicos, morfológicos e ecológicos apoiam a mesma história”, diz Lescroart. “Do ponto de vista genético, não há dúvida de que o gato-nebuloso seja uma espécie diferente.”

“Os dados biogeográficos podem lançar luz sobre a história desses gatos, porque sua distribuição atual é uma releitura plausível da rota pela qual as várias espécies se espalharam pela América do Sul a partir de um único ancestral comum que atravessou a partir da América Central”, completa o belga. Por seus resultados, os gatos-do-mato-do-sul e do-norte divergiram de um ancestral comum por volta de 1,46 milhão de anos atrás, enquanto o nebuloso se destacou desse ramo, há cerca de 2,39 milhões de anos. A separação entre as populações de *L. pardinoides* da América Central e

do norte dos Andes é um fenômeno mais recente, entre 61 mil e 453 mil anos atrás.

Falta confirmar geneticamente onde se encaixa a população do Escudo das Guianas (formação geológica no norte da Amazônia, incluindo o Amapá), uma região com pouca amostragem para o grupo. Essa falha, que o biólogo Fabio Nascimento, pesquisador do Museu de Zoologia (MZ) da USP, chama de lacuna amostral, também representou um problema em seu trabalho, alguns anos atrás. Em 2017, ele publicou uma revisão taxonômica na revista *Papéis Avulsos de Zoologia* em parceria com o biólogo Anderson Feijó, à época estudante de doutorado na Universidade Federal da Paraíba. “Usamos material disponível em coleções de museus, que consiste majoritariamente de peles, crânios e esqueleto, com o objetivo de estudar a variação morfológica e a taxonomia do complexo *L. tigrinus*”, conta Nascimento.

#### LIMITES E HORIZONTES

“No trabalho de taxonomia, usamos o que está disponível”, explica o biólogo do MZ-USP. As análises que fizeram os levaram a reconhecer *guttulus* como espécie distinta. *L. tigrinus* estaria nas Guianas, no noroeste e oeste da América do Sul, assim como na América Central (Costa Rica). Também revalidaram *L. emiliae* para a população do Nordeste do

Brasil e Amapá. Oliveira discorda dessa separação, que vê como resultado de dados insuficientes. Nascimento vê as propostas de delimitação de espécies como hipóteses e mantém o suspense, aguardando que estudos de DNA elucidem a evolução desses gatos. “Com mais evidências e uso de metodologias diferentes, será possível saber quais hipóteses serão corroboradas ou não”, pondera.

Oliveira defende passar da ciência à prática. “*L. tigrinus* e *L. guttulus* são os únicos felinos brasileiros ameaçados de extinção a nível global, protegê-los tornou-se uma missão de vida.” Ele integra a Tiger Cat Conservation Initiative (TCCI), organização não governamental que propõe ações de conservação como campanhas de vacinação para combater doenças de cachorros domésticos que infectam gatos-do-mato. Ele também planeja refazer o mapa de distribuição do complexo *tigrinus* para a lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN). “Fiz o mapa atual, e está todo errado: a área é 80% menor.” As novas divisões devem ter impacto direto sobre as áreas de preservação, que precisam contemplar cada uma dessas linhagens felinas. ■

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

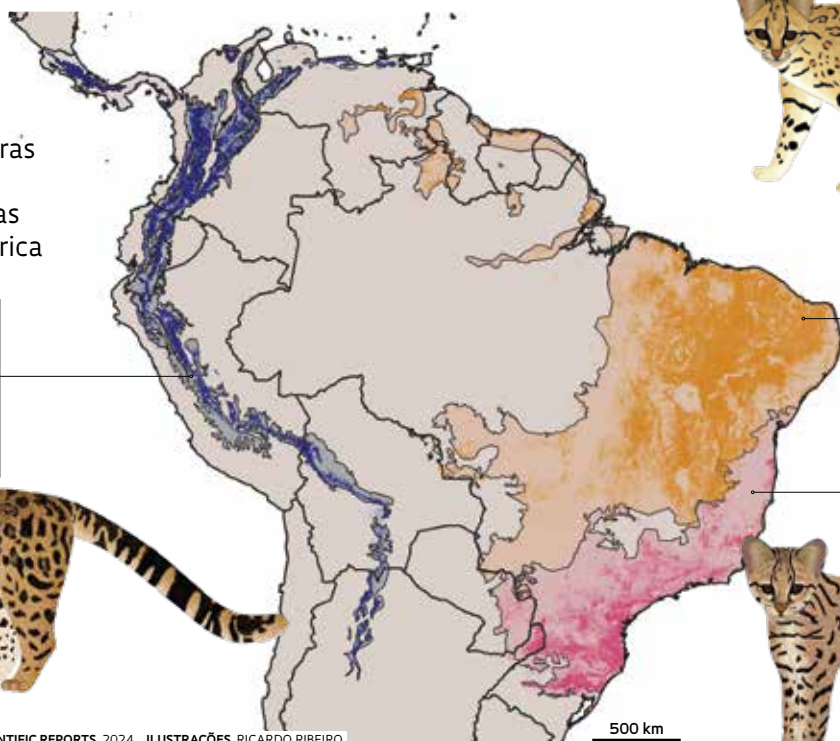
## ONDE ESTÃO AS ESPÉCIES

As cores mais escuras representam a distribuição atual; as mais claras, a histórica

#### ■ Gato-nebuloso

(*L. pardinoides*)

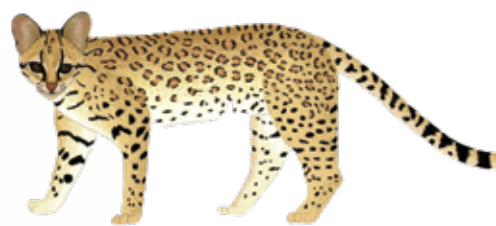
- área ↓50% menor
- temperatura média anual < 17 °C
- altitude 2.000-3.000 m



#### ■ Gato-do-mato-do-norte

(*L. tigrinus*)

- área ↓56% menor
- Cerrado e Caatinga
- altitude < 1.300 m



#### ■ Gato-do-mato-do-sul

(*L. guttulus*)

- área ↓68% menor
- temperatura do mês mais quente < 24 °C
- altitude < 1.800 m



# UM ANFÍBIO ANTERIOR AOS DINOSSAUROS

Fóssil encontrado no Rio Grande do Sul sobreviveu à maior extinção do planeta e revela relação com a fauna da atual Rússia

Gilberto Stam



**P**aleontólogos encontraram o fóssil de um anfíbio que viveu há cerca de 250 milhões de anos, antes que existissem dinossauros. Batizado de *Kwatisuchus rosai*, o animal, com cerca de 1,5 metro de comprimento, era aparentado a espécies já descritas na Rússia. O achado confirma a suspeita de que os animais da época circulavam pela Pangeia, massa de terra que unia os continentes atuais.

“Era um predador que vivia a maior parte do tempo em rios e lagos”, infere o paleontólogo Felipe Pinheiro, da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), no Rio Grande do Sul. O *campus* de São Gabriel, onde atua, fica a uma hora do local das escavações: uma fazenda no município de Rosário do Sul, oeste do estado. O animal, descrito em janeiro na revista científica *The Anatomical Record*, foi identificado a partir de ossos fossilizados do focinho, encontrados em 2022.

*K. rosai* fazia parte de um grupo de anfíbios chamado temnospôndilos, predadores de água rasa de focinho comprido como o dos crocodilos, adaptado para a captura de peixes – por isso fo-

ram confundidos com répteis. “Entre as características anatômicas que sugerem parentesco com os atuais anfíbios, alguns temnospôndilos apresentam evidência de estágio larval, como os girinos”, esclarece Pinheiro.

O grupo sobreviveu à maior extinção do planeta, no final do período Permiano (299 milhões a 252 milhões de anos atrás), quando em torno de 90% das espécies marinhas e 70% das terrestres desapareceram. Em um mundo devastado onde os animais grandes foram eliminados, esse anfíbio era um dos maiores.

“Esses tipos de animais pequenos, resistentes e pouco diversificados, recolonizaram o planeta”, observa o paleontó-

logo salvadoreno Juan Carlos Cisneros, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), que não participou do estudo. Entre eles estavam os cinodontes, ancestrais dos mamíferos, e os arcossauros, répteis que deram origem aos dinossauros, aos crocodilos e às aves. “Todos tinham menos de 1 metro.”

Ele descreve que *K. rosai* também caçava em terra e contou com a vantagem de uma dieta variada e a provável capacidade de construir buracos revestidos de muco, onde se protegia da estação seca. Segundo ele, quase todos os animais desse período cavavam túneis, para se proteger, e tocas com esqueletos de outros anfíbios parecidos foram encontradas na África do Sul.

Ossos do focinho fossilizados permitiram descrever a espécie, com representação artística acima

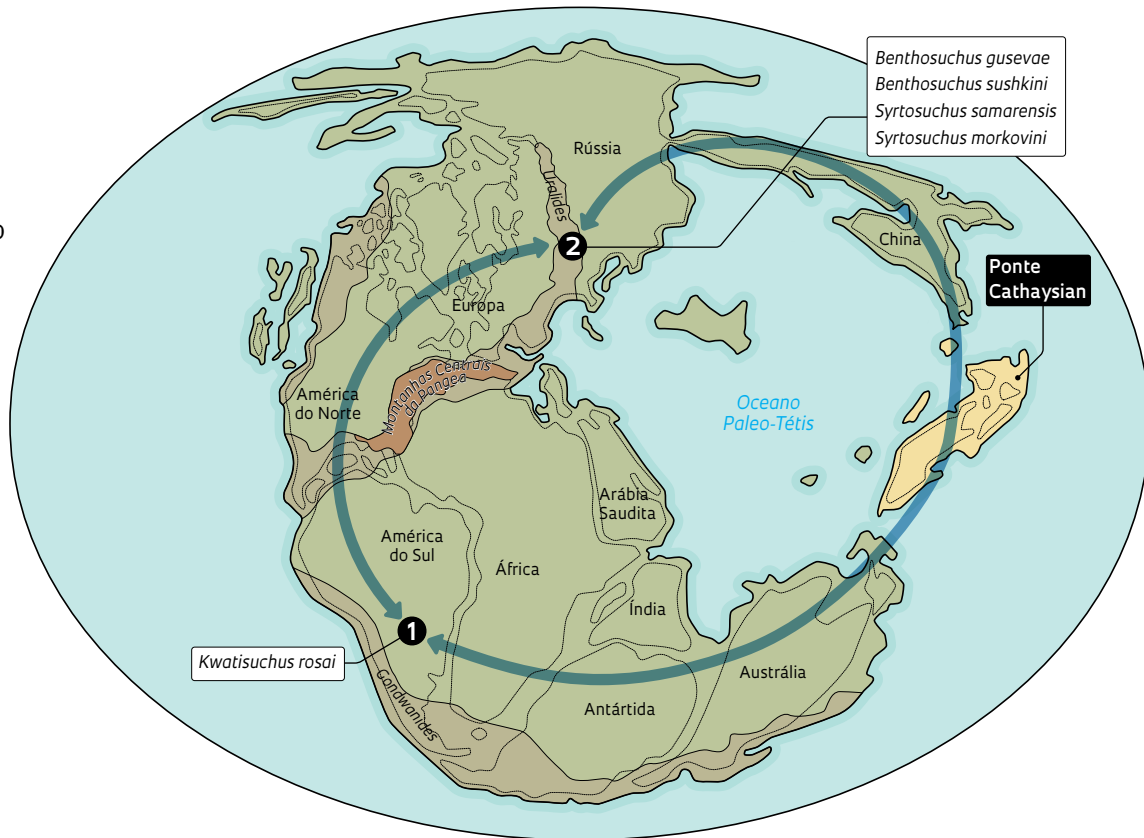




# CAMINHOS POR PANGEA

Ancestrais de *K. rosai* podem ter atravessado o antigo continente por diferentes rotas

O trajeto pelo centro do continente seria mais curto, mas exigiria ultrapassar montanhas consideradas intransponíveis. Talvez não fossem. O mais longo se daria pelo arquipélago Cathaysian, que desapareceu, e seria mais improvável devido ao desafio adicional de passar por trechos de mar (um problema para anfíbios)



FONTE FELIPE PINHEIRO (UNIPAMPA)

Os temnospôndilos se tornaram dominantes no Triássico (252 milhões a 201 milhões de anos atrás), mas foram substituídos pelos crocodilos, que ocuparam o mesmo ambiente, mas eram maiores e punham ovos com casca. Por isso eram resistentes à estiagem, enquanto os anfíbios dependiam da água para se reproduzir.

O nome *Kwatisuchus* vem do tupi *kwati*, que significa focinho comprido, e do grego *suchus*, para crocodilo. O complemento *rosai* homenageia o paleontólogo Átila Stock Da-Rosa, da Universidade Federal de Santa Maria, que ajudou a localizar, preservar e estudar a formação onde fica o sítio paleontológico, conhecido como Sanga do Cabral. O local é o único no Brasil que registra o período logo depois da extinção do Permiano-Triássico.

“A equipe da Unipampa está revelando uma fauna importante e pouco conhecida no Brasil”, reconhece o paleontólogo Max Langer, do *campus* de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, que não participou do estudo. Ele ressalta que muitos fósseis desse período foram encontrados em países como China, Austrália, Rússia e África do Sul.

“A conexão com a fauna da atual Rússia aparece em sítios no Paraná, Rio Grande do Sul e Maranhão.”

## A GRANDE MIGRAÇÃO

Segundo Pinheiro, animais como *K. rosai* provavelmente migravam de um rio para outro, como fizeram espécies de jacaré que colonizaram o Brasil. O pesquisador enfatiza que as falhas do registro fóssil tornam difícil dizer qual caminho os anfíbios percorreram entre os territórios dos atuais Brasil e Rússia.

Ele e sua equipe propõem duas rotas possíveis. Pela primeira e mais curta, os bichos teriam atravessado a região central da Pangeia. Essa trajetória contradiz a ideia dominante de que grandes cadeias de montanhas isolavam o hemisfério Norte da Pangeia, conhecido como Laurásia, do hemisfério Sul, chamado Gondwana. “Talvez essas montanhas não fossem intransponíveis como pensávamos, mas tivessem depressões por onde os animais conseguiram passar”, sugere o pesquisador da Unipampa.

A outra passaria por um arquipélago, a ponte Cathaysian. Esse caminho exigiria atravessar trechos de mar. “Eles podem ter feito isso em balsas naturais compostas

por plantas, como fizeram os macacos que vieram para a América”, propõe Cisneros. Segundo o pesquisador, é possível que esses animais tivessem maior resistência à água salgada do que os anfíbios atuais.

Falta explicar, no entanto, por que *K. rosai* e outros animais coletados na Sanga do Cabral não têm parentes na África do Sul, localizada em uma região à época colada àquela onde agora é o Brasil. “Não há indícios de barreira entre uma região e outra”, afirma Pinheiro.

Assim como a crise climática atual, a extinção do Permiano-Triássico foi causada pela emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, resultado de uma intensa atividade vulcânica na região onde hoje é a Sibéria. “Um ecossistema diverso, com predadores e herbívoros de grande porte, desapareceu”, ressalta Pinheiro. Segundo o paleontólogo, a recuperação foi lenta, já que qualquer variação climática em um ambiente degradado podia causar novas extinções. Vinte milhões de anos depois, surgiram os primeiros dinossauros, que passaram a dominar ecossistemas cada vez mais complexos. ■

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

# TRÂNSITO LIVRE NAS ESTRADAS

Sistemas baseados em IA podem ser treinados para monitorar quase em tempo real a travessia de animais em rodovias

Giselle Soares



**S**istemas baseados em inteligência artificial que detectam objetos em movimento podem ser adaptados e treinados para monitorar a travessia de animais em estradas brasileiras. Além de classificar automaticamente as espécies atropeladas com maior frequência, modelos desse tipo, se devidamente refinados e instalados em dispositivos eletrônicos, poderiam emitir alertas quase instantâneos sobre a presença de bichos em trechos vigiados das rodovias.

Esses são os principais resultados de um trabalho coordenado por pesquisadores do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação de São Carlos da Universidade de São Paulo (ICMC-USP), que analisou o desempenho de 14 versões de sistemas baseados na arquitetura Yolo (*You only look once*), utilizada para identificar e delimitar a localização de objetos específicos (animais, no caso) em uma imagem ou vídeo. O estudo foi publicado em janeiro na revista *Scientific Reports*.

Nenhuma variante dos modelos desempenhou com perfeição essas tarefas quando confrontada com registros de cinco classes de animais silves-

tres que os algoritmos aprenderam a reconhecer: anta, jaguarundi (felino), lobo-guará, onça-parda e tamanduá-bandeira. Mas algumas versões dos sistemas, como a Scaled-YoloV4, obtiveram desempenho superior a 85% na maior parte das situações. “Estudos comparativos são importantes para determinar qual é o tempo de resposta necessário para que esses sistemas funcionem de forma eficiente nas estradas, um cenário que envolve veículos em alta velocidade, e avaliar sua viabilidade de implantação”, comenta o cientista da computação Rodolfo Meneguette, chefe do grupo de pesquisa.

Os testes foram feitos em computadores diminutos, do modelo Raspberry Pi 4, que pesam cerca de 50 gramas e apresentam especificações modestas. Por ter tamanho reduzido e custar pouco, esse tipo de dispositivo poderia, teoricamente, ser usado em sistemas instalados nas rodovias que tenham conexão Wi-Fi de internet. O microcomputador faria localmente a análise e a classificação das imagens captadas e transmitiria pela internet apenas seu veredito (se há ou não um animal na pista) a um sistema mantido em nuvem. Essa estrutura externa é que teria a

Cerca de 5 milhões de animais de grande porte são mortos anualmente nas rodovias brasileiras, segundo estimativas do Centro Brasileiro de Ecologia de Estradas

missão de disparar, quase em tempo real, algum tipo de aviso a motoristas circulando pela estrada.

Segundo estimativas do Centro Brasileiro de Ecologia de Estradas (CBEE), ligado à Universidade Federal de Lavras (Ufla), de Minas Gerais, cerca de 5 milhões de animais de grande porte, como capivaras, onças, macacos e lobos-guará, são mortos anualmente nas estradas brasileiras.

**P**ara treinar os sistemas da arquitetura Yolo a reconhecer especificamente esses cinco animais, os pesquisadores criaram um banco de dados, denominado BRA-Dataset, com 1.458 imagens das espécies. O banco é formado por registros dos bichos encontrados em fontes gratuitas na internet com o emprego do buscador Google Imagens.

Para testar com qual velocidade os modelos Yolo conseguiram reconhecer os animais, foram utilizados vídeos das espécies feitos pelos autores do estudo no Parque Ecológico de São Carlos, além de filmagens gratuitas disponíveis na internet.

A arquitetura Yolo mistura processamento de imagens e inteligência artificial para formar redes neurais convolucionais, muito usadas na área de visão computacional. “Essa abordagem permite que a máquina, ao receber novas imagens ou vídeos, compare as características aprendidas com as classes predefinidas”, explica o cientista da computação Gabriel Ferrante, primeiro autor do artigo, que, sob orientação de Meneguette, defendeu dissertação de mestrado em 2023 sobre o tema no ICMC-USP.

Esse tipo de rede divide uma imagem parada ou em movimento (vídeo) em partes menores, em conjuntos de pixels (pontos) que serão transformados em dados numéricos. Por meio de cálculos matemáticos e probabilísticos, tais dados são

usados para classificar, com determinado grau de certeza, que tipo de objeto aparece na imagem e qual sua localização no registro.

No trabalho com os animais que atravessam estradas, os sistemas Yolo forneceram resultados como os que aparecem nas fotos menores desta reportagem. Ele traçou linhas retas em torno da espécie reconhecida, formando um quadrado ou um retângulo, e a classificou como sendo de uma das cinco classes que aprendeu a reconhecer. No final do processamento, aparece na imagem o nome do bicho que o modelo reconheceu, seguido de um número entre 0 e 1. Por exemplo, a expressão “anta 0,90” significa que o sistema tem 90% de certeza que o objeto delimitado na imagem pertence a essa classe.

“Testamos diferentes modelos da arquitetura Yolo para tentar entender qual deles poderia ser ideal para contextos específicos”, comenta o cientista da computação Luís Nakamura, do campus de Catanduva do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), coautor do artigo. Mesmo depois de terem sido treinados, os sistemas são imprecisos para distinguir os animais em cenários desafiadores, como quando estão encobertos por outros objetos, aparecem camuflados na paisagem ou se encontram muito distantes.

“Para entender os padrões dos pixels de uma imagem, os modelos de redes neurais convolucionais escaneiam, em sequência, partes desse registro”, explica Ferrante. “Se o ambiente interfere no reconhecimento de características visuais importantes, como bordas, texturas e cores, os modelos apresentam dificuldade para classificar e definir a área de um possível objeto.”

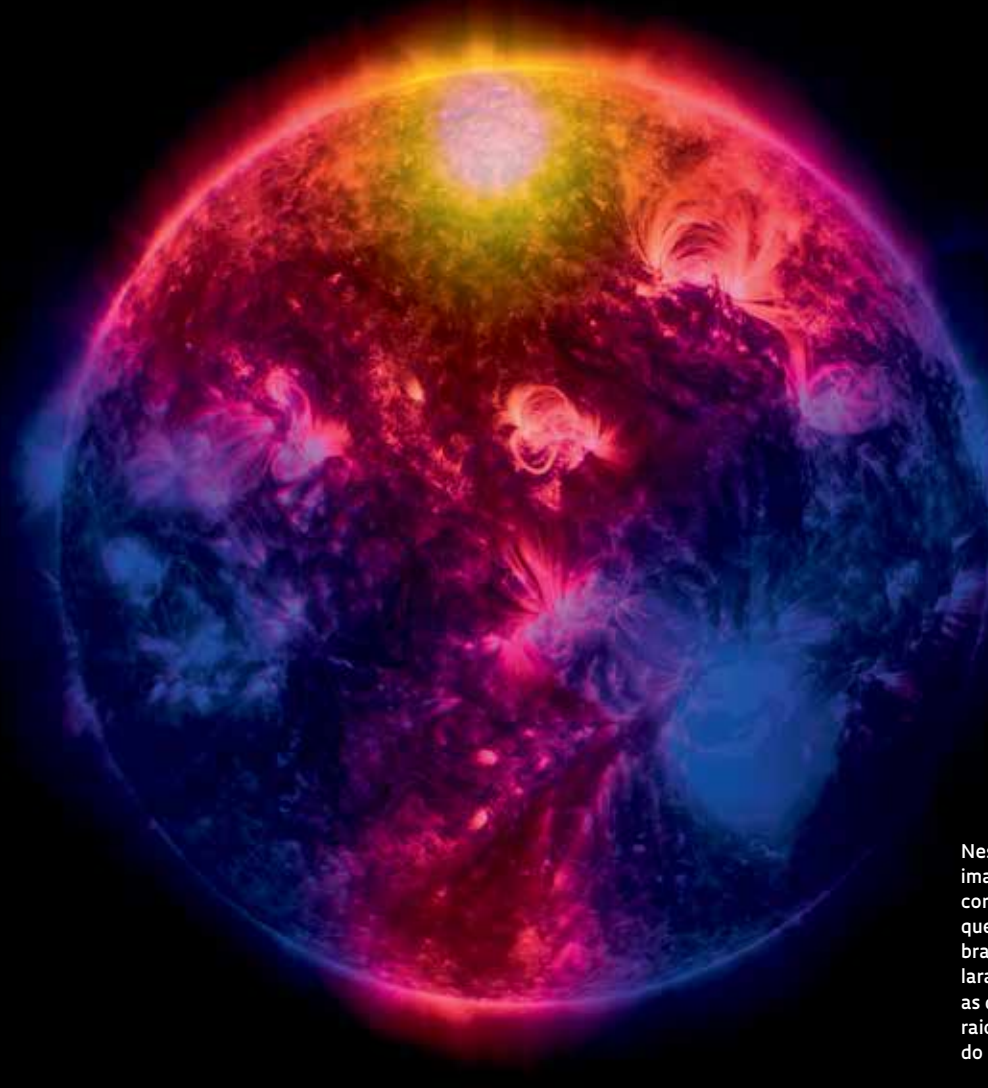
Sistemas que trabalham com imagens no comprimento da luz visível não se prestam para vigilância noturna ou em condições de baixa visibilidade. Nesses casos, talvez a adoção de câmeras que operam no infravermelho e são capazes de “ver” no escuro possa ser uma alternativa. Essa abordagem, no entanto, não foi testada no trabalho.

Para o cientista de dados Alexandre de Siqueira, que não participou do trabalho, um próximo passo desse tipo de pesquisa seria ampliar o número de espécies animais cobertas pelo banco de dados usado para treinar os sistemas. “Se essa tecnologia for instalada em câmeras estáticas, seria possível observar, por exemplo, se há espécies migrando entre as diferentes regiões do país”, diz Siqueira, que atuou no Berkeley Institute for Data Science (Bids), da Universidade da Califórnia, entre 2019 e 2022. “Também seria importante testar redes com arquiteturas diferentes da Yolo para avaliar qual a mais rápida ou a mais barata, dependendo do propósito da aplicação.” ■

Três exemplos de resultados fornecidos pelos sistemas de análise que delimitam e classificam animais silvestres em imagens



O projeto e o artigo científico consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.



Nesta montagem de imagens do Sol com cores falsas, as regiões que aparecem em branco, amarelo e laranja são, nessa ordem, as que mais emitiram raios gama no pico do último ciclo solar

# ENERGIA CONCENTRADA

Em seu último período de atividade máxima, o Sol emitiu um excesso inesperado de raios gama de alta energia em seus polos

Marcos Pivetta

**P**or sua proximidade e importância para a manutenção da vida na Terra, o Sol é a estrela mais pesquisada pelos astrofísicos. Esse *status* de objeto de estudo preferencial não significa que há pouco a se descobrir sobre o astro. Ao contrário. Alguns tipos de pesquisa, como as de longo prazo, só podem ser realizadas porque nosso planeta está, sempre, nas vizinhanças do Sol. Assim, é possível observá-lo de forma contínua e perceber detalhes que não podem ser conferidos em estrelas mais distantes.

Foi justamente essa particularidade que permitiu um achado recente. Artigo publicado pelo brasileiro Bruno Arsoli e a italiana Elena Orlando em fevereiro deste ano no *Astrophysical Journal*

relata que o Sol emitiu um excesso inesperado de raios gama de alta energia em seus polos. A maior concentração de radiação ocorreu durante seu último período mais ativo, o chamado máximo solar, em junho de 2014. Como a Terra, o Sol gira em torno de um eixo, cujas extremidades definem os polos. A rotação gera o campo magnético, de forma que os polos magnéticos coincidem com as pontas do eixo de rotação.

Segundo os autores do trabalho, o esperado era que, quando houvesse variações no nível das emissões de raios gama, tais flutuações se manifestassem com a mesma intensidade em todas as áreas do Sol, de forma mais ou menos homogênea – em vez de se concentrarem exageradamente nas zonas de alta latitude.

“Essa maior concentração de emissões de raios gama foi observada no momento em que ocorreu a inversão dos polos magnéticos do Sol”, explica Arsioli, autor principal do estudo. “Por isso, suspeitamos que a reconfiguração magnética esteja relacionada com a produção excessiva de radiação gama nos polos.” A troca faz com que o polo magnético do sul migre para o norte do disco solar e vice-versa. Tal inversão ocorre em média a cada onze anos, durante o máximo solar. Atualmente, Arsioli é pesquisador no Instituto de Astrofísica e Ciências Espaciais da Universidade de Lisboa, em Portugal, com financiamento do programa europeu Marie Curie.

Segundo Elena Orlando, da Universidade de Trieste, não há, por ora, uma explicação detalhada sobre como a inversão do polo magnético levaria ao excesso de emissão de raios gama nos extremos do disco solar. “Achamos que o campo magnético da estrela está de alguma forma envolvido nessa anomalia, mas não temos ainda uma explicação física para isso”, comenta Orlando, em entrevista a *Pesquisa FAPESP*. Arsioli iniciou o estudo com dados do Fermi em 2021, quando passou um ano associado ao grupo da italiana na Universidade de Trieste.

Inédito, o resultado foi obtido a partir da análise de dados referentes a 13 anos e meio de observação do Sol, entre agosto de 2008 e janeiro de 2022, pelo telescópio espacial Fermi. Operado pela Nasa (a agência espacial norte-americana), em colaboração com o Departamento de Energia dos Estados Unidos e parceiros europeus, o Fermi é dedicado a registrar emissões em frequências da radiação gama, a porção mais energética do espectro eletromagnético. Recentemente foi usado também para estudar uma misteriosa explosão de raios gama, a segunda mais intensa que se observou no espaço, ocasionada provavelmente pela rara fusão de duas estrelas de nêutrons (*ver reportagem na página 62*).

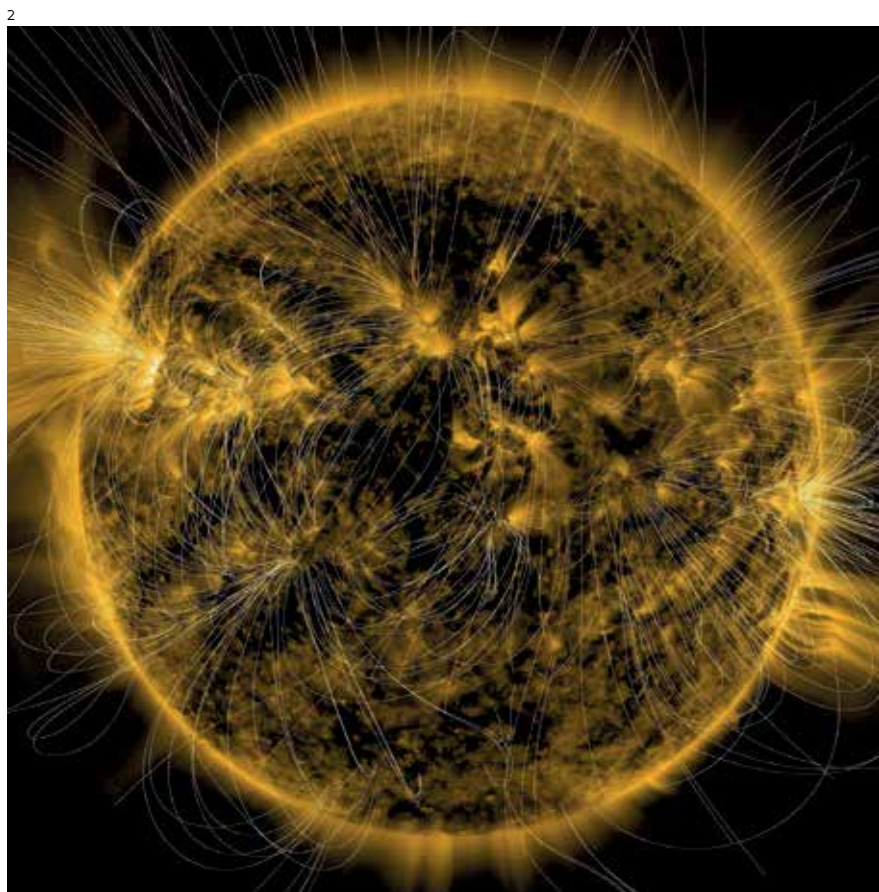
O trabalho de análise das emissões do Sol foi feito em etapas. Primeiramente, Arsioli e Orlando dividiram os dados de quase 14 anos de observa-

ção, que abrangeram um ciclo solar inteiro, em intervalos menores, de 400 a 700 dias. Em seguida, com o emprego de ferramentas de análise de dados por eles desenvolvidas, compararam as emissões de raios gama com energia acima de 5 gigaelétron-volt (GeV) de cada subperíodo em todas as regiões do disco solar. Dessa forma, notaram a concentração de produção de emissões de altas energias nas zonas polares durante o máximo solar. A constatação é amparada por testes estatísticos, descritos no trabalho, que indicam a relevância dos sinais observados.

**C**onsiderado um astro comum entre as mais de 100 bilhões de estrelas da Via Láctea, o Sol se formou há cerca de 4,5 bilhões de anos. Diferente da Terra e da Lua, ele não é um corpo sólido. É uma bola de plasma quente (matéria ionizada, com partículas carregadas eletricamente), constituída pelos gases hidrogênio e hélio. O nível de atividade solar (produção de energia) varia ao longo do tempo de forma mais ou menos regular, em ciclos. Ora a estrela está menos ativa, ora mais. A duração média de um ciclo solar é de 11 anos, mas pode variar entre 9 e 14 anos.

A formação de manchas solares, pontos pretos associadas a áreas mais frias na superfície, é um termômetro da atividade solar. Ocasionalmente, as maiores manchas são visíveis da Terra sem a necessidade de recorrer a telescópios. Mais manchas sinalizam que o astro está funcionan-

Ilustração sobre imagem real mostra as linhas do complexo campo magnético na superfície do Sol



do em ritmo acelerado. A dinâmica energética do Sol também está associada a outros fenômenos, como a ocorrência de *flares* (erupções) e ejeções de massa.

Entre o momento de maior e o de menor atividade, a diferença de brilho – ou seja, de produção de energia – do Sol é muito pequena, de no máximo 0,1%. Por isso, os climatologistas descartam que variações na atividade solar possam influir de forma significativa no aumento do aquecimento global.

Segundo cálculos da Nasa, ao longo dos dois últimos séculos, o peso acumulado das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades humanas sobre a temperatura média da Terra é pelo menos 270 vezes maior do que a possível influência de qualquer alteração de luminosidade do Sol. Ainda assim, as alterações em seu regime de funcionamento produzem impactos evidentes na aparência e no comportamento da estrela.

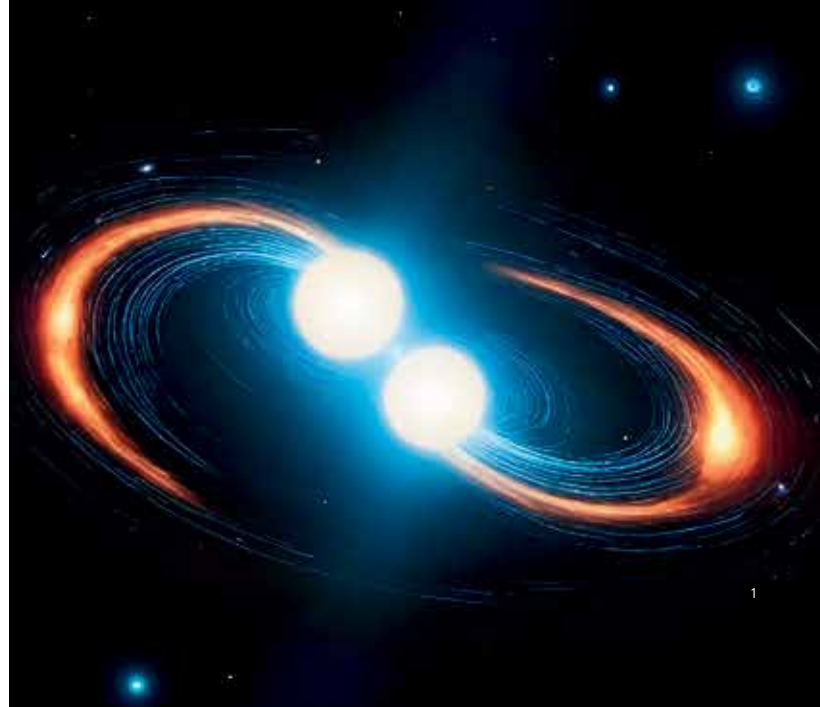
#### DISTÚRBIOS EM GPS

Além de gerar conhecimento básico sobre a física estelar, os estudos sobre a atividade solar são úteis para entender os impactos reais que o astro pode ter sobre diferentes aspectos da vida cotidiana na Terra. Ao emitir mais radiação e matéria na direção do Sistema Solar, a estrela pode afetar os sistemas de navegação terrestre, como o GPS, e as telecomunicações no planeta.

Para o astrofísico Rodrigo Nemmen, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), que não participou do artigo, os dados do artigo de Arsioli e Orlando são importantes para melhorar o entendimento sobre o funcionamento da superfície do Sol. “A principal fonte de raios gama que o Fermi observa é o Sol”, diz Nemmen, que usa dados do satélite da Nasa para estudar emissões desse tipo de radiação nos jatos de matéria produzidos pelos buracos negros. “Alguns grupos de pesquisa já tentaram usar o Fermi para estudar de forma sistemática emissões de outras estrelas, mas não tiveram sucesso.”

Um dos desafios de Arsioli e Orlando é tentar observar novamente o pico de emissão de raios gama nas regiões polares do Sol durante o próximo máximo solar, que deve ocorrer em 2025. Se a estrela se comportar novamente como em junho de 2014, a ideia de que a produção excessiva de raios gama decorre da inversão periódica dos polos magnéticos se torna mais robusta. “Não há outra estrela similar e tão próxima quanto o Sol em que possamos testar nossa hipótese”, diz Arsioli. “Temos de repetir as observações nele mesmo.” ■

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



# UMA FÁBRICA DE TERRAS-RARAS

Fusão de duas estrelas de nêutrons gera segunda maior explosão de raios gama e produz no espaço metais do grupo dos lantanídeos

Marcos Pivetta

**A**rtigo na revista *Nature* em 21 de fevereiro deste ano, com a participação de brasileiros, fornece mais evidências de que uma explosão de raios gama observada em março de 2023 deve ser decorrente de um evento cósmico raro: a fusão de duas estrelas de nêutrons ou de uma estrela dessa classe e de um buraco negro. A colisão e posterior união de objetos celestes tão densos são denominadas kilonova. Considerada a segunda explosão de raios gama mais luminosa e energética já registrada, a



GRB 230307A  
kilonova

Esta imagem do telescópio James Webb mostra a kilonova que gerou a explosão de raios gama GRB 230307A e a galáxia-mãe da qual migraram as duas estrelas de nêutrons que se fundiram nesse processo. Ao lado, ilustração retrata a colisão das estrelas

Galáxia vizinha da qual duas estrelas de nêutrons migraram

2

ocorrência do ano passado tinha sido alvo de um trabalho anterior, também publicado na *Nature*, mas feito por outro grupo de astrofísicos, que apresentou resultados similares aos do mais recente estudo.

A explosão associada a uma kilonova gera gigantescas emissões de luz, sobretudo no comprimento de onda dos raios gama, que são invisíveis ao olho humano. Outra assinatura decorrente da união de duas estrelas de nêutrons é a produção de elementos químicos do grupo das terras-raras, também denominado lantanídeos, que são mais pesados que o ferro. No espaço, apenas a explosão associada a uma kilonova seria capaz de atuar como uma fábrica de terras-raras. Os lantanídeos são forjados a partir de um processo conhecido como captura de nêutrons, que envolve decaimento radioativo e emissões de raios gama, a forma de luz (fóton) mais energética.

“Encontramos evidências de que essa kilonova teria produzido mais lantanídeos estáveis do que esperávamos inicialmente”, diz o astrofísico Clécio De Bom, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Ele é um dos três brasileiros que assinam o artigo, redigido por um grupo internacional de pesquisadores e coordenado por Eleonora Troja, da Universidade de Roma Tor Vergata. Os outros dois são Martín Makler, também do CBPF, e Felipe Navarete, astrônomo que trabalha no telescópio Soar, instrumento de observação instalado no Chile, operado pelo Brasil e por universidades norte-americanas.

Numa kilonova, as emissões de raios gama decorrentes da fusão duram segundos,

mas há liberação por dias ou semanas de um brilho residual, o chamado *afterglow*, em outros comprimentos de onda, como no óptico e infravermelho. Por isso, mesmo telescópios que não operam nas frequências de raios gama, como o Hubble e o James Webb, podem ser acionados para acompanhar o *afterglow* de eventos extremamente energéticos. “Observamos com o Soar essa kilonova em cinco épocas diferentes”, conta Navarete.

A segunda mais intensa explosão de raios gama foi primeiramente registrada em 7 de março de 2023 pelo satélite Fermi, da Nasa, dedicado a observações nessa faixa de comprimento de onda. O evento foi denominado GRB 230307A. As três primeiras letras são um acrônimo do nome do fenômeno em inglês, *gamma-ray burst* (GRB). Os números se referem ao ano (23), mês (03) e dia (07) em que o evento ocorreu. O “A” significa que foi a primeira explosão desse tipo vista naquela data.

Além de sua enorme luminosidade, o fenômeno despertou o interesse imediato na comunidade de astrofísicos devido a outras duas peculiaridades: sua duração atípica e a região do espaço de onde partiu a explosão. O forte pulso de raios gama se prolongou por cerca de 35 segundos, o que o situa, segundo a classificação da área, como uma explosão de longa duração. Os eventos desse tipo que duram menos de 2 segundos são considerados curtos; os que ultrapassam esse limite de tempo são tidos como longos.


O problema é que as kilonovas sempre foram associadas a GRB curtos, enquanto

os pulsos de raios gama mais duradouros costumam ser produzidos por supernovas. A morte de estrelas de grande massa, um processo que também gera uma forte explosão, é denominada supernova. No entanto, os astrofísicos dos dois grupos independentes que analisaram o GRB 230307A não encontraram nenhuma estrela massiva moribunda no local em que ocorreu o evento.

Essa região é praticamente vazia de objetos e dista cerca de 130 mil anos-luz da galáxia mais próxima. Tal cenário desolador levou os pesquisadores a propor uma explicação para essa incômoda situação: um par de estrelas de nêutrons teria se desgarrado da galáxia-mãe e migrado para uma área vizinha. No meio do nada, as estrelas se fundiram e geraram a espantosa explosão de raios gama de mais de meio minuto.

Segundo a astrofísica italiana Eleonora Troja, nunca se observou uma kilonova e seus desdobramentos por mais de uns poucos dias. “É preciso observar por semanas e meses [como eles fizeram] para descobrir quais metais foram forjados na explosão”, disse a pesquisadora, em comunicado à imprensa sobre o estudo. Como no lugar associado ao GRB 230307A há indícios da formação de lantanídeos, os pesquisadores defendem a ideia de que ali houve uma fusão de dois objetos muito densos e compactos, dos quais ao menos um era uma estrela de nêutrons. ■

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



A aviação é responsável por cerca de 2% das emissões globais de dióxido de carbono

# NA TRILHA DO COMBUSTÍVEL RENOVÁVEL

Em meio ao esforço global para descarbonizar o setor aéreo, Brasil pode ter papel de destaque na produção de alternativa ao querosene fóssil

Frances Jones



**N**o fim de 2023, um Boeing 787 da companhia aérea britânica Virgin Atlantic voou de Londres a Nova York movido 100% a combustível sustentável. O primeiro voo transatlântico de uma grande aeronave comercial a não usar uma gota sequer do querosene de aviação de base fóssil ganhou manchetes e foi chamado de histórico. Segundo a empresa, o combustível alternativo feito à base de óleo de cozinha usado e gordura animal, misturado a 12% de querosene aromático sintético – de origem não fóssil –, proporcionou uma redução de até 70% nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), em comparação com um voo no mesmo trecho usando querosene de aviação tradicional.

Para fazer o voo de demonstração, a Virgin Atlantic obteve uma autorização especial. Hoje, as companhias aéreas podem misturar em seus tanques um máximo de 50% de combustível sustentável de aviação, mais conhecido pela sigla SAF (*sustainable aviation fuel*), seguindo normas estabelecidas pela Sociedade Americana de Testes e Materiais (ASTM) e pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

O SAF pode ser obtido a partir de diferentes rotas tecnológicas e com matérias-primas que vão de oleaginosas a etanol e resíduos sólidos urbanos. Em comum, todos os insumos têm carbono, que é o principal precursor dos hidrocarbonetos constituintes do SAF (*ver box na página 69*).

A ideia é que os aviões sejam abastecidos com querosene de aviação ou SAF – ou uma mistura dos dois. Isso porque a molécula de SAF é praticamente idêntica à do querosene de base fóssil, o que dispensa modificações nos motores dos aviões e na infraestrutura de abastecimento.

A restrição a uma mistura de SAF superior a 50% se dá por questões de segurança. “Nem todas as rotas de SAF produzem na sua composição uma quantidade suficiente de hidrocarbonetos do tipo aromático, importantes para impedir uma mudança na viscosidade do combustível ou o congelamento do líquido em grandes altitudes”, explica o engenheiro mecânico Fernando Catalano, diretor da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (Eesc-USP).

O querosene fóssil é uma mistura de hidrocarbonetos de vários tipos e leva em geral entre 10% e 25% de aromáticos, considerados poluentes, mas necessários. “É um problema ainda não

resolvido, mas que deverá ser superado com o tempo”, diz Catalano, destacando outros dois entraves para o emprego de SAF em ampla escala no momento: a produção global, ainda muito pequena ante a demanda, e o custo, estimado entre três e cinco vezes o do querosene de aviação.

A brasileira Embraer também tem realizado ensaios com SAF em seus aviões. Em junho de 2022, um jato comercial E195-E2 da companhia voou com 100% do biocombustível em um de seus dois motores. Mais recentemente, em outubro de 2023, dois jatos executivos da fabricante de São José dos Campos decolaram em um voo de teste apenas com o combustível sustentável de aviação em seus tanques.

#### DESAFIOS PARA DESCARBONIZAR

O SAF é a grande aposta do setor aéreo para reduzir de forma mais rápida a sua pegada de carbono. A aviação é responsável por cerca de 2% das emissões globais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), lançando na atmosfera 800 milhões de toneladas do gás. Considera-se que esse seja um dos setores mais difíceis de ser descarbonizado e o avião uma das formas mais poluentes de viajar.

Os estados-membros da Organização da Aviação Civil Internacional (Oaci) aprovaram em 2022 uma meta global de zerar as emissões de carbono do setor até 2050. No final de 2023, em uma reunião nos Emirados Árabes Unidos, os estados-membros se comprometeram a reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> da aviação internacional em 5% até 2030.

Em 2023, foram produzidos mais de 600 milhões de litros de SAF, o dobro do ano anterior, de acordo com a Associação Internacional de Transportes Aéreos (Iata). A produção deve triplicar este ano. Apesar do aumento, esse volume representará apenas 0,53% da demanda global por combustível de aviação. Estados Unidos, China, Japão, Singapura, Alemanha, Noruega e México já fabricam o insumo.

“Não há uma clareza ainda sobre quem serão os grandes fornecedores de SAF no futuro, mas o mais sensato é que sejam as empresas petrolíferas que produzem o querosene de aviação”, afirma Catalano, que também é membro do painel independente de especialistas da Oaci que trata do impacto ambiental da aviação.

Com o esperado crescimento nos próximos anos do setor aéreo, que ainda se recupera do baixo movimento do período da pandemia, as reduções nas emissões trazidas por inovações

tecnológicas, novos modelos de aeronaves mais eficientes e otimização das operações não deverão ser suficientes. Os combustíveis alternativos entram em cena para contribuir com essa meta. “A Iata estima que o SAF contribuirá com mais de 60% das reduções para chegar ao net zero em 2050”, informa Catalano.

**E**m uma indústria global que ainda engatinha, o Brasil tem uma oportunidade de se colocar como ator central, vislumbram especialistas – seja pela experiência do país com a produção de biocombustíveis, seja pela quantidade de biomassa disponível para a fabricação de SAF. “Se há um lugar no mundo em que a produção em larga escala de SAF vai dar certo, é no Brasil”, pressupõe a bioquímica Glaucia Mendes Souza, do Instituto de Química da USP e membro da coordenação do Programa FAPESP de Pesquisa em Bionergia (Bioen).

“Temos em abundância vários insumos para produzir esse combustível, entre eles o etanol. Mas, por enquanto, a rota de conversão do etanol para combustível sustentável de aviação, conhecida como Alcohol-to-Jet [ATJ], não é economicamente competitiva”, diz a pesquisadora. “Vale mais a pena adotar a rota do Hefa [Hydro-processing of Esteres and Fatty Acids]. Nesse caso, o problema é a sustentabilidade, pois alguns países, principalmente na Europa, não querem usar o óleo de palma, que no Brasil é a oleaginosa de maior produtividade.”

Hefa e ATJ são duas das principais rotas de produção de SAF já homologadas, sendo que a primeira, adotada no voo de demonstração da

Virgin Atlantic, responde por mais de 80% do SAF produzido hoje no mundo. A Europa não considera que o óleo de palma seja sustentável porque boa parte de sua produção, notadamente em países do Sudeste Asiático, ocorre de forma predatória, com a destruição de florestas nativas.

Ainda não há produção em escala comercial do combustível no país, mas vários projetos começam a ganhar corpo. Em Natal, no Rio Grande do Norte, o Instituto Senai de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER) inaugurou em setembro do ano passado uma planta-piloto para produzir SAF, o Laboratório de Hidrogênio e Combustíveis Avançados (H2CA).

O objetivo é aumentar a produção, ainda em escala laboratorial, de 200 mililitros (mL) por dia para cerca de 5 litros (L). “Hoje já produzimos em laboratório o petróleo sintético, que contém SAF em sua composição, a partir de uma rota conhecida como Fischer-Tropsch [FT]”, informa a química Fabiola Correia, coordenadora do projeto no ISI-ER. “Estamos otimizando as condições do processo para elevar a eficiência produtiva.”

Na planta-piloto, a matéria-prima principal é a glicerina resultante da produção de biodiesel. “No processo de transesterificação do óleo, 90% do volume gerado é biodiesel e 10% glicerina. Ela vem suja, com contaminantes, produzindo um passivo para a indústria do biodiesel. Nossa ideia é converter a glicerina do biodiesel, juntamente com os contaminantes presentes nela, em um

## O SETOR AÉREO ESTABELECEU A META GLOBAL DE ZERAR SUAS EMISSÕES DE CARBONO ATÉ 2050



Aeronave da fabricante europeia Airbus é abastecida com o biocombustível de aviação



Amostra de SAF produzida no Instituto Senai de Inovação em Energias Renováveis, em Natal (RN)

2

produto com grande demanda industrial, o SAF.” Hoje, quase todo o volume de glicerina gerada no país é vendido para a China a preços muito baixos.

Em outro projeto do laboratório potiguar, a matéria-prima para fazer o gás de síntese – com o qual se produz o SAF pela rota FT – é o CO<sub>2</sub> capturado do ar e o hidrogênio verde – combustível limpo gerado a partir da quebra da molécula da água (ver Pesquisa FAPESP nº 317). “Hoje trabalhamos com esses dois processos diferentes, a glicerina e o CO<sub>2</sub> capturado do ar. Optamos pela rota FT em função da sua versatilidade, uma vez que podemos trabalhar com uma variedade de matéria-prima”, ressalta Correia.

**A**lém do ISI-ER, pelo menos quatro empresas já anunciaram planos de produção de combustível sustentável de aviação no Brasil: Acelen, na Bahia; Petrobras, em Cubatão (SP); Brasil BioFuels, na Amazônia; e Geo Biogás, no Paraná. A holding brasileira ECB Group informou que a sua subsidiária Be8 Paraguay vai construir no país vizinho uma biorrefinaria para produzir 20 mil barris por dia de biocombustíveis avançados, incluindo SAF.

Em meados de 2023, a Raízen, maior produtora de etanol de cana-de-açúcar do mundo, anunciou ter recebido uma certificação (ISCC Corsia Plus) que permite o uso do etanol gerado em uma de suas unidades para fabricação de SAF. O objetivo da certificação do programa Esquema de Redução e Compensação de Carbono para a Aviação Internacional (Corsia) mantido pela Oaci é garantir que os biocombustíveis sejam fabricados de maneira sustentável.

Assim como várias companhias aéreas, as fabricantes de aeronaves no geral apoiam a pesquisa, o desenvolvimento e a produção de SAF. A Boeing financia no Brasil a terceira fase do projeto SAF Maps, liderado pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que busca adicionar in-

formações aos critérios de sustentabilidade do Corsia. O portal inclui dados sobre biomassa de seis culturas agrícolas (cana-de-açúcar, eucalipto, soja, milho, óleo de palma e macaúba) e de dois resíduos de biomassa (sebo bovino e gases de siderurgia) em 13 estados brasileiros.

Já a Embraer participou dos testes para as homologações das tecnologias Hefa e SIP (isoparafina sintetizada a partir de açúcares fermentados e hidroprocessados). A empresa também tem projetos ligados a estudos sobre o impacto do uso do solo no país, ao mapeamento das oportunidades e dos desafios da cadeia de SAF no Brasil e na Europa. Ela integra ainda a iniciativa BioValue, coordenada pelo Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR), do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) (ver reportagem na página 68).

Apoiado pela FAPESP, o BioValue é uma parceria de 20 instituições científicas e tecnológicas brasileiras e empresas que trabalham com pesquisadores europeus no desenvolvimento de biocombustíveis, em especial na aviação. Em 2023, FAPESP e Embraer inauguraram no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) o Centro de Pesquisa em Engenharia para a Mobilidade Aérea do Futuro, visando aumentar a competitividade da indústria aeronáutica nacional. Um dos focos do centro é a redução de emissões de GEE.

## LEGISLAÇÃO

Especialistas na área consideram que o investimento na produção de SAF deverá aumentar com a eventual aprovação do Projeto de Lei nº 4.516/2023, em tramitação no Congresso, conhecido como PL do Combustível do Futuro, que prevê a criação do Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV). “Seu principal objetivo é fomentar a indústria de SAF no país”, diz Darlan Santos, da Agência Nacional de Aviação Civil (Anac). O texto determina que as companhias aéreas diminuam suas emissões, a partir de 2027, principalmente por meio do uso de SAF. No primeiro ano, a redução obrigatória será de 1% e chegará a 10% em 2037.

“Da forma como está redigido, o PL possibilita a concentração do combustível em hubs – aeroportos principais, como Guarulhos – perto dos locais de produção. Isso também minimiza as emissões decorrentes do transporte do líquido”, argumenta Santos. De acordo com ele, são necessários por volta de quatro anos para que uma planta industrial de SAF fique pronta e inicie o fornecimento do combustível. Os empreendimentos já anunciados devem começar a produzir a partir de 2025 e 2026. ■

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

# ESTUDOS SOBRE O SAF AVANÇAM NO PAÍS

Rotas, processos e matérias-primas para elevar a produção do biocombustível e reduzir seu custo são foco de investigações em universidades e centros de pesquisa

Frances Jones

**N**ão é apenas o setor produtivo que se mobiliza em torno do combustível sustentável de aviação (*ver reportagem na página 64*). O insumo também atrai o interesse da academia. Uma das principais iniciativas na área foi a criação no ano passado do “Hub de SAF” na E-Renova, unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii) voltada à inovação em energias renováveis, abrigada na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

“A ideia é colocar em uma mesma mesa todos os atores envolvidos na produção e uso do SAF, entre empresas que detêm a tecnologia, universidades que estudam rotas tecnológicas, companhias aéreas, Anac [Agência Nacional de Aviação Civil], ANP [Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis]”, afirma o engenheiro químico Rubens Maciel Filho, coordenador da E-Renova e professor da Faculdade de Engenharia Química (FEQ) da Unicamp.

Maciel sustenta que o Brasil é o país com a maior capacidade de fabricação do combustível alternativo. “Devemos produzir aqui para não precisarmos exportar etanol e depois comprarmos o biocombustível de aviação”, diz o pesquisador,

membro da coordenação do Programa FAPESP de Pesquisa em Bionergia (Bioen).

O Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR), que integra o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), é outro centro brasileiro que se dedica, entre outros temas, à pesquisa do SAF. Lá são realizados estudos em duas frentes, ambas com apoio da FAPESP. Em uma delas, os pesquisadores avaliam os impactos de sustentabilidade das rotas que já se encontram mais maduras, observando, por exemplo, o potencial de determinada biomassa para atender a uma demanda regional ou global de SAF, considerando os efeitos da mudança de uso da terra e priorizando áreas com baixo risco de emissões.

Em uma segunda frente, busca-se desenvolver novas tecnologias 100% brasileiras. Em artigo publicado em 2023 na revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*, a física Leticia Zanphorlin, pesquisadora do LNBR/CNPEM, e colegas descreveram uma enzima capaz de substituir catalisadores químicos tradicionais usados em vias termoquímicas para transformar ácidos graxos em hidrocarbonetos.

“É uma enzima interessante porque ela consegue fazer essa conversão e, ao mesmo tempo, é capaz de desoxigenar a molécula”, explica o

Frasco contendo combustível sustentável de aviação produzido no Laboratório Nacional de Biorrenováveis, em Campinas

engenheiro químico Edvaldo Morais, líder da Divisão de Biorrefinarias e Recursos Naturais do LNBR. “Em um processo convencional, é preciso uma etapa de reação a mais, com o uso de hidrogênio para retirar o oxigênio das moléculas provenientes da biomassa.” Outros dois artigos sobre as pesquisas realizadas no CNPEM foram divulgados nas revistas *Chemical Engineering Journal* e *Resources, Conservation and Recycling* no ano passado.

Na Unicamp, outro projeto financiado pela FAPESP investiga, por meio de simulações computacionais, a viabilidade econômica de biorrefinarias usando a rota ATJ a partir de dois insumos: etanol de segunda geração da cana-energia (variedade com mais fibra e mais resistente a pragas) e hidrogênio sustentável gerado a partir de um produto do lixo urbano, o combustível derivado de resíduos (CDR). “A ideia é boa na ótica da sustentabilidade, mas ainda precisamos avaliar se é economicamente viável”, diz o engenheiro químico Adriano Mariano, responsável pelo projeto, da FEQ-Unicamp.

#### O PAPEL DO HIDROGÊNIO

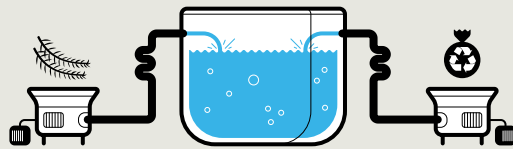
O hidrogênio é um insumo vital para a produção do SAF. É ele que reage com o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gerando os hidrocarbonetos de cadeia longa semelhantes aos do querosene de aviação. O Centro de Pesquisa e Inovação em Gases de Efeito Estufa (RCGI), um Centro de Pesquisa em Engenharia (CPE) constituído com recursos da FAPESP e da Shell, e o Grupo de Pesquisa em Bioenergia (GBio) do Instituto de Energia e Ambiente (IEE), da Universidade de São Paulo (USP), desenvolvem um projeto para estimar o potencial de produção de hidrogênio por diferentes rotas pelo setor sucroalcooleiro (ver Pesquisa FAPESP nº 333). Os pesquisadores vão analisar os dados das quase 400 usinas produtoras de etanol no país.

“O hidrogênio verde é essencial para todas as rotas de produção de SAF”, pondera a analista de relações internacionais Laís Forti Thomaz, professora da Universidade Federal de Goiás (UFG) e integrante do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), órgão de assessoramento da Presidência da República.

“As duas rotas das quais podemos aproveitar mais pela abundância de matérias-primas são a ATJ, em relação ao etanol, e a Hefa, que usa soja, óleo de cozinha reutilizável ou gordura bovina. Já temos uma cadeia do biodiesel muito forte que pode ajudar na produção das matérias-primas”, sustenta Thomaz, destacando que o ideal é que não se aposte em apenas uma via. “O melhor é promover o desenvolvimento de todas as rotas.” ■

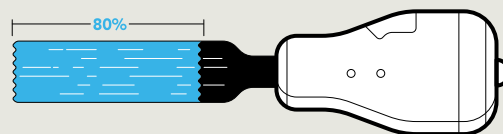
Os projetos e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.

## TRÊS PERGUNTAS SOBRE O COMBUSTÍVEL SUSTENTÁVEL



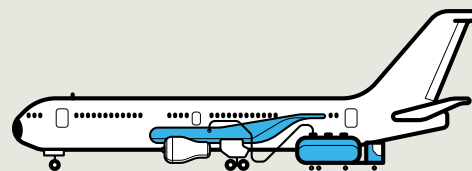
### 1. DE QUE É FEITO O SAF?

É produzido a partir de resíduos agrícolas e florestais, oleaginosas, resíduos sólidos urbanos, óleo de cozinha usado, entre outros insumos. Pode ser sintetizado a partir de um processo de captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera. Misturado ao querosene de petróleo ou puro, dispensa modificações nas aeronaves atuais e na infraestrutura de abastecimento.



### 2. QUAL É SUA PRINCIPAL VANTAGEM?

Com estrutura química igual à do querosene de aviação, o SAF também libera CO<sub>2</sub> quando queimado, mas emite menos gases de efeito estufa (GEE). Dependendo da rota tecnológica e da matéria-prima usada, reduz em até 80% as emissões de GEE.



### 3. QUAIS AS VIAS TECNOLÓGICAS PARA SUA PRODUÇÃO?

Oito rotas já foram homologadas pela Sociedade Americana de Testes e Materiais e aprovadas pela ANP. As principais são:

■ **Hefa (Hydro-processing of Esters and Fatty Acids):** rota mais madura, certificada em 2011. A produção se dá pelo hidroprocessamento de ésteres e ácidos graxos. Utiliza como matérias-primas óleos vegetais (soja, palma, macaúba, babaçu, algodão, mamona, girassol, entre outros), óleo de cozinha usado e gordura animal, como sebo bovino. O processo de produção demanda muito hidrogênio.

■ **ATJ (Alcohol-to-Jet):** certificada em 2016, emprega amidos, açúcares, biomassa celulósica, etanol de cana-de-açúcar ou milho. Também há elevado consumo de hidrogênio.

■ **FT (Fischer-Tropsch):** certificada em 2009, usa biomassa de resíduos urbanos e agrícolas e florestais (cana, eucalipto e outros). A matéria-prima é gaseificada, transformada em monóxido de carbono e hidrogênio (gás de síntese), que é convertido no biocombustível.

FONTES: PROJETO DE LEI Nº 4.586/2023; ESTUDO “ANÁLISE ECONÔMICA DE DIFERENTES ROTAS DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEIS SUSTENTÁVEIS DE AVIAÇÃO” (PROQR); DARLAN SANTOS/ANAC; IATA

# BATERIA PARA TODA A VIDA

Cientistas brasileiros criam protótipo de módulo nuclear capaz de gerar eletricidade por centenas de anos sem necessidade de recarga

**Yuri Vasconcelos**

Imagine um telefone celular cuja bateria dure anos e não precise ser plugado na tomada para recarregar. Ou um drone capaz de voar indefinidamente sobre a Amazônia, registrando focos de desmatamento e de mineração ilegal. Situações como essas poderão se tornar realidade, em algum tempo, com o início da produção comercial de novos sistemas de armazenamento de energia que usam material radioativo para gerar eletricidade ininterruptamente, por dezenas ou centenas de anos.

Uma das inovações foi revelada no começo do ano pela startup chinesa Betavolt. A empresa desenvolveu uma bateria nuclear que poderá gerar energia por 50 anos sem necessidade de recarga. O dispositivo, com 100 microwatts ( $\mu\text{W}$ ) de potência e 3 volts (V) de tensão elétrica, ainda é um projeto-piloto e opera a partir da conversão da energia liberada pelo decaimento de isótopos radioativos de níquel (Ni-63). A Betavolt planeja colocar no mercado em 2025 uma versão mais potente da bateria, com 1 watt (W). Com função modular, ela poderá ser empregada em série para energizar drones ou celulares.

O Brasil tem estudos na área. Uma equipe do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), com sede em São Paulo, apresentou no fim de 2023 o primeiro protótipo de uma bateria nuclear termelétrica feita no país. O princípio de funcionamento do dispositivo, também conhecido como gerador termelétrico radioisotópico (RTG), é diferente do sistema da Betavolt: uma corrente elétrica é produzida a partir da conversão do calor gerado pela desintegração de um isótopo de amerício (Am-241) (ver infográfico ao lado). No módulo chinês, partículas beta (elétrons) transformam-se em corrente elétrica por meio de um sistema conversor específico.

O processo de decaimento ou desintegração radioativa ocorre quando o núcleo instável de um elemento químico se transforma no núcleo de outro elemento, que tem menos energia. O processo libera radiação eletromagnética e pode emitir partículas. Esse fenômeno é caracterizado pela meia-vida, que é o tempo necessário para que metade dos átomos do isótopo radioativo presente em uma amostra se desintegre.

“Durante nosso desenvolvimento, tivemos que dimensionar um módulo gerador termelétrico, responsável por converter a energia térmica em elétrica”, explica o engenheiro químico e doutor em tecnologia nuclear Carlos Alberto Zeituni. Ele é o gerente do Centro de Tecnologia das Radiações (Ceter) do Ipen, uma das unidades envolvidas no projeto – a outra é o Centro de Engenharia Nuclear (Ceeng).

A principal vantagem das baterias nucleares é a possibilidade de fornecer carga durante um longo período de tempo. “Uma bateria química convencional dura cinco anos, enquanto uma de lítio chega a 10 anos. As nucleares podem ter duração de 50, 100 anos ou mais, dependendo do material radioativo utilizado. A nossa, estimamos que vá durar mais de 200 anos”, diz Zeituni. A pesquisa, iniciada há dois anos, vem sendo financiada por uma empresa nacional interessada em comercializar a tecnologia. Por contrato, seu nome não pode ser revelado.

Os pesquisadores do Ipen utilizaram 11 fontes de amerício, originalmente empregadas em equipamentos de medição de espessura de chapas. Para eliminar o risco de vazamento do material radioativo, as fontes foram empilhadas e encapsuladas em um tubo de alumínio. “O parâmetro inicial de todo o projeto nuclear tem que ser a segurança. A bateria só será comercializada quando houver garantia de que o risco de vazamento é nulo”, esclarece o engenheiro mecânico Eduardo Lustosa Cabral, pesquisador do Ceeng que participa do projeto.

Baterias nucleares começaram a ser estudadas no início do século passado. Não há ainda fabricação comercial desses dispositivos. A produção, limitada, é feita principalmente por governos de países que dominam a tecnologia nuclear – como Estados Unidos, Rússia, França, China e Inglaterra.

A tecnologia é empregada em dispositivos situados em lugares de difícil acesso, como faróis em ilhas desertas, cavernas e laboratório no Ártico e na Antártida. Na década de 1970, foi utilizada em marcapassos, aparelhos que monitoram e regulam os batimentos do coração, implantados em mais de 300 pessoas. “Não houve nenhum relato de vazamento ou falha”, conta a engenheira química e doutora em tecnologia nuclear Maria Alice Morato Ribeiro, pesquisadora do Ceeng e líder do grupo. Os *rovers* da agência espacial norte-americana Nasa e a sonda Voyager, lançada ao espaço em 1977, também usam essas baterias. O módulo desenvolvido no Ipen será destinado a aplicações em locais remotos.

“O uso dessa tecnologia é restrito por causa do custo de fabricação, da disponibilidade de matéria-prima e da dificuldade de produção”, informa Ribeiro. É preciso muito cuidado para evitar vazamento durante a fabricação e a operação do dispositivo. Outra dificuldade diz respeito ao fato de toda a parte elétrica estar exposta à radiação, o que pode acarretar danos ao sistema.

#### DURA COMPETIÇÃO

Para o físico Hudson Zanin, da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universida-



A bateria da Betavolt mede 15 milímetros (mm) de comprimento, por 15 mm de largura e 5 mm de espessura

de Estadual de Campinas (Unicamp) e coordenador de uma pesquisa que visa desenvolver uma bateria à base de sódio (ver Pesquisa FAPESP nº 329), o trabalho feito no Ipen é promissor, mas terá que superar desafios para resultar em um produto comercial.

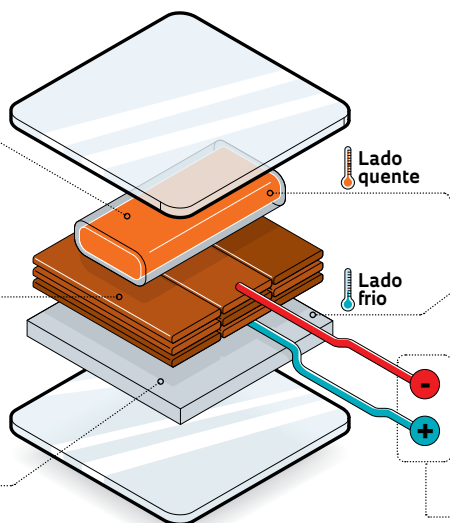
“Em um momento que se discute como passar para uma sociedade 100% elétrica e baseada em fontes renováveis de energia, que irão substituir os combustíveis fósseis, o armazenamento de energia é uma tecnologia-chave. Por isso, o desenvolvimento dos mais diferentes tipos de baterias, inclusive essa do Ipen, é importante”, afirma.

“O longo tempo de operação sem recarga das baterias nucleares é seu grande diferencial, mas elas precisam evoluir para aumentar a tensão de saída”, ressalva o físico da Unicamp. “Além disso”, destaca, “irão enfrentar uma dura competição com outras tecnologias avançadas, mais baratas e já estabelecidas, como as baterias de lítio-fosfato-ferro (LFP) e de níquel-cobalto-manganês (NCM)”. ■

## COMO FUNCIONA O DISPOSITIVO BRASILEIRO

Protótipo de bateria nuclear do Ipen transforma calor em corrente elétrica

1. O isótopo radioativo **amerício-241** é encapsulado em um tubo de alumínio. Seu decaimento libera radiação, que gera calor
2. Um **módulo gerador termelétrico** é ligado a esse tubo, a fonte “quente” da bateria
3. O outro lado da peça é conectado a uma **placa de alumínio**, o lado “frio”



4. O sistema gera uma **diferença de temperatura** entre as duas faces do módulo

5. A ligação dos dois lados em um circuito produz uma **corrente elétrica**

# ABSORVENTES MENOS POLUENTES

Com decomposição em até seis meses, produtos biodegradáveis visam diminuir lixo plástico e poluição

Carolina Schwartz

**M**enstruar é uma experiência fisiológica ainda marcada por tabus e desigualdades, com consequências que permeiam questões sociais, econômicas, sanitárias, emocionais e ecológicas. A quantidade de lixo plástico gerado por resíduos de absorventes descartáveis pressiona negativamente o meio ambiente. Apesar de já existirem alternativas mais sustentáveis para conter o fluxo menstrual, como coletores ou calcinhas absorventes reutilizáveis, uma nova geração de designers, empreendedores e startups aposta na criação de absorventes biodegradáveis que poluam menos e, ao mesmo tempo, agradem o público consumidor habituado à praticidade dos produtos convencionais.

Muitas das iniciativas também colaboram para o fim da chamada pobreza menstrual. Caracterizada pela falta de acesso à educação e à higiene menstrual básica, essa condição afeta mais de 15 milhões de mulheres no Brasil, que precisam recorrer durante a menstruação a opções quase sempre prejudiciais à saúde, às interações sociais e ao comparecimento ao trabalho (*ver reportagem na página 75*).

“Não há como falar de pobreza menstrual no Brasil e só pensar em produtos reutilizáveis, que precisam ser devidamente higienizados”, afirma

a empreendedora Patrícia Zanella, cofundadora da startup baiana EcoCiclo. Para ela, é preciso conectar esse cenário com a falta de saneamento básico no país que impede a limpeza correta das pessoas e dos produtos voltados à higiene menstrual. No ano passado, a empresa venceu um prêmio oferecido pelo Pacto Global da Organização das Nações Unidas (ONU) pelos absorventes biodegradáveis pioneiros que desenvolveu.

“Recorremos a matérias-primas que não causam mal à saúde das usuárias e se degradam em até seis meses”, diz Zanella, que é formada em relações internacionais. A engenheira química Adriele Menezes, diretora operacional da EcoCiclo, foi a responsável pela pesquisa e o desenvolvimento técnico dos absorventes, que são produzidos por mulheres da periferia de Salvador a partir de fibra de bambu, celulose e cola vegetal.

Segundo Zanella, pesquisas indicam que, mesmo conhecendo opções ecológicas e em condições de comprar, as mulheres continuam utilizando absorventes descartáveis tradicionais. “A percepção é de que o que é sustentável não é prático, e o que é prático não é sustentável. Nossa inovação foi pensada para ser confortável e ter a mesma espessura, cor e absorção dos produtos que as mulheres estão acostumadas a usar”, explica.

O custo unitário de um absorvente biodegradável da EcoCiclo é de cerca de R\$ 3, até cinco vezes mais alto do que o de produtos convencionais.

Algodão orgânico e bioplástico biodegradável são os ingredientes do absorvente da empresa amai



nais vendidos em farmácias e supermercados. “Ainda não chegamos a uma solução tecnológica no país que permita aos absorventes sustentáveis ficarem mais baratos do que os tradicionais”, reconhece a designer curitibana Rafaella de Bona Gonçalves, que trabalhou em um protótipo próprio de absorvente biodegradável, em parceria com a EcoCiclo.

Inicialmente elaborado como parte do trabalho de conclusão de curso na Universidade Federal do Paraná (UFPR), o modelo ecológico da designer conquistou prêmios nacionais e internacionais, entre eles o vice-campeonato, em 2022, do concurso Jovens Inventores, promovido pelo Escritório Europeu de Patentes (EPO). Gonçalves foi a responsável pelo design do absorvente e pela pesquisa do material – foram testados três ingredientes: celulose, fibra de bananeira e espuma de soja. O desenvolvimento do protótipo coube à equipe da startup baiana. “Meu objetivo foi fazer uma prova de conceito. Queria mostrar a viabilidade de produzir um absorvente com essas características”, diz Gonçalves, destacando que o item não chegou ao mercado.

O absorvente foi projetado para servir tanto para uso externo como interno, inserido na vagina. “Essa é a grande novidade do design desse absorvente, porque uma peça pode ser única, usada externamente, ou destacada em duas partes, que são enroladas em formato cilíndrico para gerar dois absorventes internos.”

Para a química industrial Marta Tocchetto, professora aposentada do Departamento de Química da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no Rio Grande do Sul, e especialista em sustentabilidade ambiental e gestão de resíduos industriais e águas, um aspecto extremamente importante quando se tenta comparar o custo de produtos é que raramente se leva em conta a questão ambiental. Presentes na composição da maioria dos absorventes convencionais, polietileno e polipropileno são polímeros plásticos derivados do petróleo, um recurso fóssil não renovável e poluente. Os absorventes de plástico,

apontam estudos, podem demorar até 500 anos para se decompor na natureza.

“O plástico na composição do absorvente vai se transformar, depois do descarte, em microplástico, um pequeno fragmento polimérico prejudicial ao ambiente”, observa Tocchetto (*ver Pesquisa FAPESP nºs 281 e 332*). “Além disso, menos da metade das cidades brasileiras tem aterros sanitários urbanos projetados para receber e processar de forma adequada resíduos como os presentes nos absorventes descartáveis.”

**U**ma pesquisa desenvolvida na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) estimou o impacto ambiental causado por absorventes menstruais no país. Seus autores revelaram que, se as cerca de 60 milhões de brasileiras que menstruam usassem produtos descartáveis durante o ciclo menstrual, em torno de 15 bilhões de absorventes à base de plástico seriam descartados anualmente no Brasil. Segundo aponta o artigo “Análise de ciclo de vida de coletores menstruais e absorventes externos descartáveis”, além de produzir muito lixo, com frequência o absorvente externo é descartado dentro do vaso sanitário, podendo causar o entupimento do encanamento.

Já existem no exterior produtos que se prestam a esse tipo de descarte. O absorvente biodegradável da marca britânica Fluus pode ser jogado diretamente no vaso sanitário. Ele se decompõe ao entrar em contato com a água e na rede de esgoto. De acordo com o fabricante, até o invólucro da embalagem e as fitas que protegem a parte adesiva podem ser depositados no vaso sanitário. Feito a partir de fibras de plantas, biopolímeros e seiva de árvores, é vendido por £ 0,50 a unidade (cerca de R\$ 3).

As empresas Srising, de Shanghai, na China, e Niine, de Haryana, na Índia, também lançaram nos últimos anos absorventes biodegradáveis, feitos com o biopolímero ácido polilático (PLA),

Além do uso externo (à esq.), o absorvente abaixo pode ser dividido em dois, enrolado e utilizado internamente (no centro e à dir.)



que pode ser produzido a partir de milho, beterraba ou mandioca. Nos Estados Unidos, a Pee Safe vende um absorvente feito com algodão orgânico e fibra de bambu. O preço final de todos eles é mais elevado do que o de produtos convencionais.

“Não há um produto de higiene menstrual indicado para todas as realidades. Quem pode lavar e esterilizar um coletor menstrual [copinho de silicone para coleta do sangue da menstruação] deveria usá-lo”, pondera Tocchetto. Há situações em que um item é mais conveniente que o outro. “Por isso, temos que pensar em múltiplas soluções, seja o absorvente biodegradável, o de pano ou a calcinha absorvente. A opção mais adequada vai depender do padrão, da necessidade e do momento de vida de cada pessoa.”

**F**oi para atender a uma necessidade pessoal que a administradora paulista Luri Minami fundou a empresa amai com a empresária Erika Tomihama. A amai é uma marca de absorventes feitos com algodão orgânico certificado e bioplástico biodegradável, vendidos no site da empresa. “Há alguns anos, tive uma alergia aos absorventes comuns e descobri que, ao contrário do que eu achava, a culpa não era minha, por não ter trocado o absorvente com frequência ou algo do gênero. O problema estava na composição do produto. A embalagem dizia que era de algodão, mas ele não continha esse componente”, diz Minami. A recomendação dos médicos é trocar o absorvente externo a cada quatro horas, em média, dependendo do fluxo.

O incômodo físico e a vontade de construir algo de impacto fizeram com que Minami e Tomihama conduzissem pesquisas por conta própria até chegar a um absorvente descartável que considerassem mais saudável e sustentável. “As especificações técnicas foram trabalhadas com o nosso fornecedor, um parceiro na China, responsável também pela fabricação. Durante o desenvolvimento, realizamos centenas de testes com mulheres no Brasil”, conta Minami. A amai destina 1% de suas vendas à doação de absorventes para a ONG paulista Fluxo Sem Tabu, cuja missão é distribuir kits de higiene para populações carentes e difundir conhecimentos sobre menstruação.

“A parte de cima, que toca a vulva, é feita de algodão, a parte central é constituída de celulose sem tratamento com cloro, para não irritar a pele, e a parte inferior, junto à calcinha, com bioplástico biodegradável”, informa. Esse último componente é um combinado de dois biopolímeros biodegradáveis, um feito à base de amido de milho (PLA) e outro a partir de petróleo (PBAT).

Embora sejam uma opção menos poluente que um produto convencional, absorventes biodegradáveis também podem gerar impactos negativos no ambiente, que vão desde a forma de plantio, extração e produção das matérias-primas até o próprio processo de descarte dos componentes neles presentes. “As alternativas biodegradáveis não são soluções perfeitas, pois pode haver desmatamento, uso indevido de agrotóxicos, exploração de mão de obra, entre outras coisas, associadas ao seu processo produtivo”, pondera Tocchetto. ■

## ALTERNATIVAS PARA UMA HIGIENE ADEQUADA

Compare alguns tipos de produtos produtos à disposição no mercado

	 Composição	 Tempo de decomposição	 Reciclável	 Reutilizável	 Tempo de uso
	Absorvente convencional Celulose, polipropileno, polietileno, adesivos termoplásticos, papel siliconado, poliacrilato de sódio e pigmento	Cerca de 500 anos	Não	Não	4 horas
	Absorvente biodegradável (EcoCiclo) Celulose, fibra de bambu, cola vegetal	Até 6 meses	Não, mas compostável	Não	4 horas
	Coletor menstrual Silicone medicinal	50 a 500 anos	Não, mas compostável	Sim	Até 3 anos
	Calcinha absorvente Poliamida, elastano, viscose, algodão	até 3 anos	Não, mas compostável	Sim	Até 2 anos

FONTES: ECOCICLO, FLEURITY, FLOW / HOPE E INTIMUS

# O DRAMA DA POBREZA MENSTRUAL

Falta de condições para lidar adequadamente com a menstruação causa prejuízos sociais e econômicos a milhões de mulheres no mundo

O relatório “Pobreza menstrual no Brasil, desigualdades e violações de direitos”, elaborado pelo Fundo de População das Nações Unidas (UNFPA) e pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef), define pobreza menstrual como um fenômeno “vivenciado por meninas e mulheres devido à falta de acesso a recursos, infraestrutura e conhecimento para que tenham plena capacidade de cuidar da sua menstruação”.

A condição está relacionada à falta de água encanada para se lavar, ausência de banheiro e privacidade para trocar produtos de higiene menstrual, carência de recursos para compra dos itens ou medicações para alívio de dor. Pessoas que menstruam e estão em situação de vulnerabilidade socioeconômica também são prejudicadas pela falta de educação menstrual e reprodutiva e pela insuficiência de políticas públicas voltadas ao entendimento e ao gerenciamento de um aspecto central da saúde da mulher.

No Brasil, apenas este ano entrou em vigor uma iniciativa do governo federal, o Programa de Proteção e Promoção da Dignidade Menstrual, cujo

foco é a distribuição gratuita, pelo Sistema Único de Saúde (SUS), de absorventes descartáveis para mulheres carentes, em situação de rua e encarceradas. O programa irá contemplar 4 milhões de adolescentes e mulheres de 3,5 mil municípios.

Os prejuízos econômicos, sociais e fisiológicos ligados à pobreza menstrual são numerosos e, muitas vezes, irreversíveis. Quando não se consegue realizar a higiene íntima adequadamente, perdem-se dias de trabalho e de frequência à escola, meninas deixam de brincar e contatos sociais são prejudicados.

A pesquisa “A relação das brasileiras com o período menstrual e o fenômeno da pobreza menstrual”, elaborada pelo Instituto Locomotiva, de São Paulo, indica que, entre mulheres que trabalham, mais de 5,5 milhões, ou 19% do total, já faltaram ao emprego por falta de dinheiro para comprar produtos de higiene menstrual. Dados da Unicef mostram que cerca de 321 mil alunas, 3% do total de meninas estudantes brasileiras, frequentam escolas que não têm banheiro em condições de uso. Desse total, 121 mil vivem na região Nordeste.

A enfermeira Mônica Maria de Jesus Silva, professora da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (Eerp-USP) e coordenadora do projeto MenstruAÇÃO, faz uma conta simples para traduzir o prejuízo escolar causado pela pobreza menstrual. “Se durante todos os ciclos, de aproximadamente cinco dias, pessoas que menstruam faltarem à escola, elas perderão cerca de 60 dias de aula no ano, o equivalente a quase 30% do total.”

## MEIA E MIOLO DE PÃO

Estima-se que em torno de 60 milhões de mulheres menstruam no Brasil. De acordo com o levantamento “Livre para menstruar”, as que estão no grupo dos 5% mais pobres precisariam trabalhar até quatro anos para custear os absorventes descartáveis que usarão durante sua vida reprodutiva, estimados em algo como 11 mil unidades.

Em grupos com acesso limitado a produtos menstruais, é comum que as trocas desses itens não ocorram com a frequência indicada e as usuárias acabem sendo expostas a alergias, doenças como candidíase, infecções urinárias de repetição e vaginoses bacterianas.

“Na ausência de absorventes, coletores ou tampões, soluções para conter o fluxo são muitas vezes improvisadas, com tiras de roupas, meias, miolo de pão e saquinhos de areia ou espuma de maquiagem envolvidos em jornal”, informa Silva. Esse, contudo, não é um problema exclusivo do Brasil ou de países pobres. Segundo o Banco Mundial, pelo menos 500 milhões de mulheres e meninas ao redor do mundo não têm acesso a instalações para fazer sua higiene menstrual. ■

Na escola municipal Espaço de Bitita, em São Paulo, projeto contra pobreza menstrual faz distribuição gratuita de absorventes





SOCIOLOGIA

# UMA MULTIDÃO DE PROFISSIONAIS DO CUIDADO

Com 24 milhões de pessoas atuando nesse mercado, o Brasil prepara o lançamento de sua primeira política nacional dedicada ao tema

Christina Queiroz | ILUSTRAÇÕES Mariana Waechter



**T**rabalhadoras domésticas, enfermeiras, cuidadoras, médicos, cozinheiros, faxineiros, motoristas, professores, cabeleireiros, entre outros profissionais do segmento do cuidado, somavam 24 milhões de pessoas e respondiam por 25,2% dos indivíduos ocupados no Brasil em 2019. Divulgado no momento em que o país prepara o lançamento de sua primeira política nacional para o setor, o tamanho dessa força de trabalho era desconhecido e foi mensurado em estudo realizado por pesquisadoras do Departamento de Sociologia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP), do Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebap) e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) entre 2022 e 2023.

O conhecimento acadêmico sobre o cuidado avançou desde o ano 2000 no Brasil em sintonia com o debate internacional, segundo a socióloga Nadya Guimarães, da FFLCH-USP e do Cebap. Ela é uma das autoras da pesquisa, financiada pela FAPESP e pela Plataforma Transatlântica, colaboração entre órgãos de ciências humanas e sociais da Europa e das

Américas. Guimarães explica que, antes disso, a literatura acadêmica já vinha se dedicando ao estudo do trabalho não pago desempenhado por mulheres em ambientes domésticos, tema prioritário na teoria feminista.

A reportagem de capa de janeiro de 2021 de *Pesquisa FAPESP* abordou o assunto (ver *Pesquisa FAPESP n° 299*), que foi tema da redação do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) em 2023. “No Brasil, também se destacavam os estudos sobre o emprego doméstico, uma forma de inserção econômica de especial relevo para as mulheres mais pobres”, diz a socióloga. De acordo com ela, essas pesquisas chamaram a atenção não apenas para as necessidades de quem requer cuidado, como crianças menores, idosos dependentes e pessoas com necessidades especiais, como também para quem provê cuidado, cujos direitos e necessidades tendiam a ser deixados em segundo plano.

No Brasil, uma das lacunas de pesquisa sobre esse mercado se relaciona com a escassez de estatísticas oficiais sobre o segmento. Artigo publicado no ano passado por Guimarães e pela socióloga Luana Simões Pinheiro, do Ipea, indica, por exemplo, que somente em 2002, a partir

da nova Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), passou a ser possível mensurar uma parcela importante da força de trabalho remunerada do setor do cuidado: os cuidadores de idosos, de pessoas com deficiência e indivíduos acamados. “Considerando esse panorama, assumimos o desafio de medir de forma mais abrangente a quantidade de profissionais dedicados ao cuidado no Brasil, sistematizando os diferentes tipos de serviço que circulam nesse mercado, de modo a estabelecer os contornos e limites do trabalho remunerado de cuidar no Brasil”, esclarece Guimarães, cujo artigo com Pinheiro foi publicado na coleção *Documentos de trabalho*, do Cebrap. O artigo também faz parte da coletânea *Cuidar, verbo transitivo*, lançada pelo Ipea em 2023. A determinação dessas fronteiras é importante, por exemplo, para identificar quem são os profissionais de setores como saúde e educação que efetivamente se dedicam ao cuidado.

Alguns estudos precedentes procuraram medir o tamanho da força de trabalho do cuidado, como é o caso de relatório de 2018 da Organização Internacional do Trabalho (OIT). No documento, foram contabilizadas todas as pessoas ocupadas em estabelecimentos do setor, incluindo indivíduos que não se envolvem diretamente com esse tipo de serviço, como são os casos de gerentes de hospitais e funcionários administrativos de escolas. “Buscamos destrinchar as estatísticas oficiais e ampliar a precisão das estimativas”, diz Guimarães. O estudo foi desenvolvido a partir de informações da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (Pnad-C), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cruzadas com as definições da CBO.

Com a proposta de compreender a diversidade do segmento do cuidado, as autoras se apoiaram

em três dimensões. A primeira diz respeito ao contexto em que o trabalho se estabelece. Assim, ele pode ter lugar no espaço do domicílio, em uma relação de emprego doméstico, ou fora deste. O segundo aspecto se refere à natureza da relação com a pessoa cuidada, que pode ser direta, caso de babás e cuidadoras, ou indireta, caso de faxineiras ou cozinheiras. Por fim, a terceira dimensão abarca a recorrência da relação de cuidado, que será maior quanto mais dependentes forem os indivíduos cuidados. “Em situações de autonomia muito reduzida, a recorrência assume caráter imperioso e qualquer descontinuidade não apenas coloca em risco a qualidade do cuidado e o bem-estar da pessoa que dele se beneficia, como até mesmo sua própria vida”, enfatiza Guimarães.

**O** núcleo principal do setor de cuidado abarca as ocupações exercidas em domicílio, que são divididas em duas categorias. A primeira envolve profissionais com relação direta e recorrente com a pessoa cuidada, como as cuidadoras de idosos e as babás. Em 2019, elas correspondiam a 1,1 milhão de pessoas (*ver gráfico na página 79*). O segundo grupo de ocupações do espaço doméstico desempenha atividades recorrentes e se caracteriza pela relação indireta com a pessoa cuidada, caso de faxineiras, empregadas domésticas e cozinheiras. Em 2019, esse grupo contabilizava 4,8 milhões de pessoas.

“Os profissionais que atuam em ambientes domésticos foram os mais impactados durante a pandemia”, afirma a demógrafa Simone Wajzman, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Em estudo finalizado em 2023 com



# LEGISLAÇÃO EM PEDAÇOS

No Brasil, direitos e deveres relativos ao cuidado estão fragmentados em diferentes normas e leis

As normas jurídicas tratam de forma fragmentada dos direitos e deveres relativos ao cuidado. Essa segmentação afeta tanto o direito privado, que regula deveres de cuidado no interior das famílias, como os direitos sociais de trabalhadoras do cuidado e de pessoas que dependem dele. “Isso significa que cada área do direito que trata do cuidado, ainda que não utilize explicitamente o termo, o faz a partir de referências próprias. Na legislação brasileira, as regras relativas ao cuidado não apresentam uma abordagem sistêmica”, explica a jurista Regina Stela Vieira, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). Juntamente com o também jurista Pedro Augusto Gravatá Nicoli, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), ela é autora de pesquisa, realizada entre 2022 e 2023,

que mapeou a entrada e a circulação do cuidado no universo jurídico do país.

Dentre as normas que regulam direitos e deveres relativos ao cuidado, estão, por exemplo, o Código Civil, o Código Penal, a Consolidação das Leis de Trabalho (CLT), o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), o Estatuto do Idoso e a Lei nº 150/2015, conhecida como Lei das Domésticas. “Cada área do direito trata a pessoa envolvida no cuidado a partir de um só papel, como se na vida fosse possível ser apenas trabalhador, provedor ou receptor de cuidado. Isso revela a incapacidade de lidar com um tema que é multidimensional”, observa Vieira.

Tal incapacidade gera distorções e conflitos, segundo ela. Por exemplo, em empregos por tempo integral, pais e mães são obrigados pela CLT a cumprir uma carga

horária de oito horas diárias, mais uma hora de intervalo. “Nesse tempo, ignoram-se as responsabilidades familiares”, destaca a jurista. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional determina que crianças a partir dos quatro anos devem frequentar a escola. Porém, normalmente, as instituições públicas não funcionam durante todo o período que a família precisa trabalhar para atender às exigências da CLT. “Esse viés fragmentado impede que a legislação brasileira tenha um olhar global sobre todos os direitos e deveres que as pessoas envolvidas no cuidado têm em sua vida cotidiana”, afirma a jurista. Ela espera que a Política Nacional de Cuidados, que está sendo elaborada pelo governo federal, passe a articular frentes jurídicas que atualmente estão dispersas na legislação.

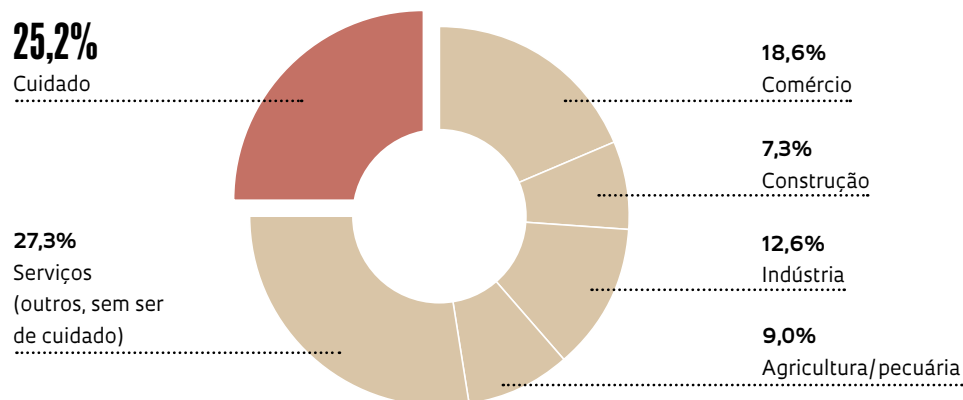
Mariana Almeida, que faz doutorado em demografia na instituição, ela constatou que esses empregos registraram queda de 20% a 30% logo no primeiro semestre de 2020. No entanto, no final de 2021, o mercado se recuperou, e a estrutura de ocupações do setor voltou a ser a mesma de antes da Covid-19. “Nos trabalhos domésticos de cuidados com pessoas dependentes, há evidências de que, apesar da recuperação das oportunidades de emprego, esses profissionais passaram a

vivenciar maior sobrecarga de responsabilidades”, detalha a demógrafa.

Além do grupo de trabalhadoras que atuam no espaço doméstico, em seu estudo, Guimarães e Pinheiro também caracterizaram outro conjunto de ocupações que se desenvolvem fora dos domicílios. Nele, três grupos se destacam. No primeiro, os profissionais têm relação direta e recorrente com as pessoas cuidadas, caso de professoras de educação infantil e educação

## POPULAÇÃO EMPREGADA NO BRASIL EM 2019

Distribuição de trabalhadores acima de 14 anos conforme setores econômicos



FONTES: IBGE-PNAD-C (2019) / NADYA GUIMARÃES E LUANA PINHEIRO

especial, enfermeiras e cuidadoras que atuam em instituições de acolhimento. Nessa categoria, o país contava com 2,9 milhões de indivíduos empregados.

Já o segundo grupo abarca profissionais como esteticistas e cabeleireiros, que têm relação direta com a pessoa cuidada, mas em condições de menor recorrência e dependência. Médicos, fisioterapeutas, dentistas, nutricionistas, entre outros profissionais da saúde com nível superior, também fazem parte desse mesmo grupo, que incorporava 7,3 milhões de profissionais, segundo dados da Pnad de 2019 e conforme contabilizou o estudo de Guimarães e Pinheiro. Segundo a pesquisa, nessas duas categorias, em que estão concentradas as ocupações do setor de educação e saúde, o Estado responde por 40% e 50% das contratações, respectivamente. Esse grupo é o único em que pessoas negras não são maioria (*ver gráfico abaixo*). “Trata-se, justamente, do segmento de ocupações com rendimentos mais altos”, informa Pinheiro.

Já o último grupo, que inclui atividades em que a prestação do serviço é indireta e não frequente, abarca profissionais como cozinheiros de restaurantes e trabalhadores da área de limpeza de edifícios. Esse contingente é o maior no segmento de cuidado e reunia 7,6 milhões de pessoas, sendo que a maioria delas era empregada no setor privado.

“No total, temos cerca de 70 ocupações dedicadas ao cuidado no mercado de trabalho brasileiro, incluindo desde categorias mais óbvias, como por exemplo as enfermeiras, e outras que não são vistas como provedoras de cuidado pelo senso comum”, comenta Guimarães. Um desses

grupos são as trabalhadoras do sexo, que foram incorporadas à CBO em 2015 com a justificativa de que são profissionais que “cuidam de necessidades sexuais e dão acolhimento”. Outro conjunto inserido no levantamento é o de pessoas que atuam em instituições religiosas.

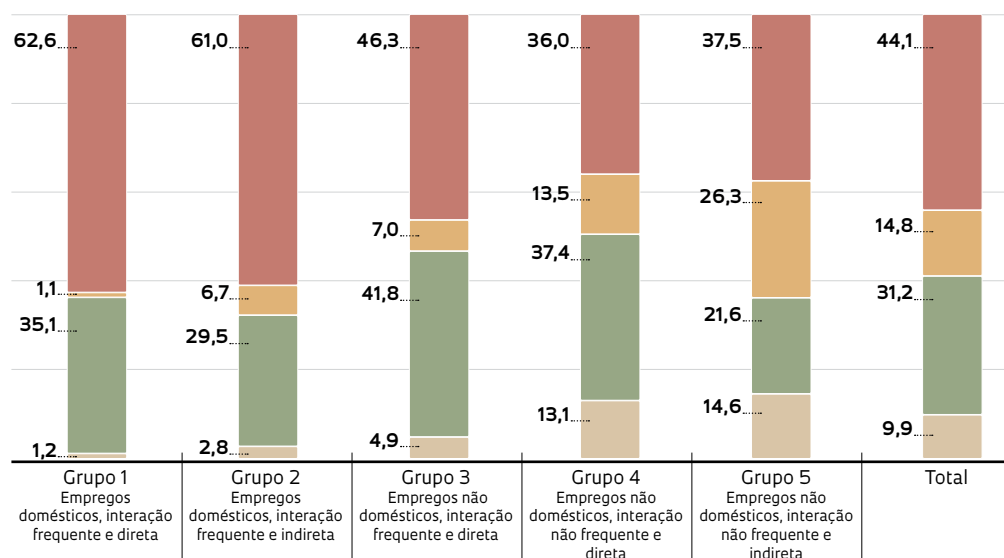
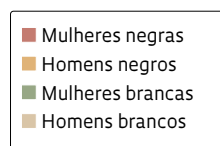
Além das diferenças em relação à natureza do serviço prestado, a pesquisa também mapeou disparidades de raça e gênero em cada grupo de ocupações. Identificou que as mulheres estão presentes em 75,3% dos 24 milhões de postos de trabalho do setor do cuidado. No núcleo principal, ou seja, em profissões desempenhadas no espaço doméstico, em relações de maior intimidade e recorrência, a participação feminina alcança 98% das vagas. A análise revelou, também, que 45% dos 24 milhões de postos de trabalho do segmento do cuidado eram ocupados por mulheres negras.

De acordo com a pesquisa, de cada 100 mulheres empregadas no Brasil em 2019, 14 atuavam como trabalhadoras domésticas, desempenhando funções de cozinheiras, faxineiras e cuidadoras. Nesse tipo de profissão, 63% das vagas são ocupadas por pessoas negras. “Os números evidenciam que o trabalho doméstico segue sendo um dos principais caminhos para a entrada de mulheres no mercado de trabalho, especialmente de mulheres negras com baixos rendimentos e nível de escolaridade”, observa Guimarães. Estudo de 2018 da OIT indica que o Brasil tem a maior proporção de empregadas domésticas no conjunto de sua força de trabalho entre os 187 países-membros da organização.

A economista Luiza Nassif Pires, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e diretora do Centro de Pesquisas em Macroeconomia das Desigualdades (Made) da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP,

## TRABALHADORES DO CUIDADO CONFORME GÊNERO, RAÇA E COR

Em 2019, mulheres ocupavam mais de 75% dos postos de trabalho no segmento



FONTES: IBGE-PNAD-C (2019) / NADYA GUIMARÃES E LUANA PINHEIRO





aponta que 92% dos trabalhadores domésticos do Brasil são mulheres e 63% delas negras. Segundo a pesquisadora, mesmo com a Lei Complementar nº 150, de 2015, que regulamentou o direito dessas profissionais, sua situação laboral é marcada por precariedade, pouca proteção do Estado, informalidade e baixos salários.

Assim, Pires calcula que mais de 70% das trabalhadoras domésticas são informais no país e mais da metade recebe menos de um salário mínimo (R\$ 1.412,00) por mês. “Além do valor ser insuficiente para suprir necessidades básicas no presente, o valor também implica uma contribuição previdenciária baixa, que pode comprometer a aposentadoria delas no futuro”, pondera a economista, ao comentar os achados de pesquisa elaborada por ela e outros integrantes do Made em 2022, em parceria com o Núcleo de Justiça Racial e Direito da Fundação Getúlio Vargas (FGV). Os resultados foram publicados em artigo no começo do ano passado.

**A**inda sobre as diferenças de raça, Pinheiro, do Ipea, comenta que o estudo realizado com Guimarães evidencia a existência de divisões sexuais e raciais no trabalho de cuidado. Tomando como exemplo o caso das enfermeiras e técnicas de enfermagem, apesar da prevalência feminina em ambas as categorias, há desigualdades entre elas: no caso de enfermeiras em postos que demandam formação de nível superior, as mulheres brancas eram maioria, enquanto na função de técnica de enfermagem, cuja atuação prevê salários mais baixos e relações interpessoais intensas, as mulheres negras predominavam.

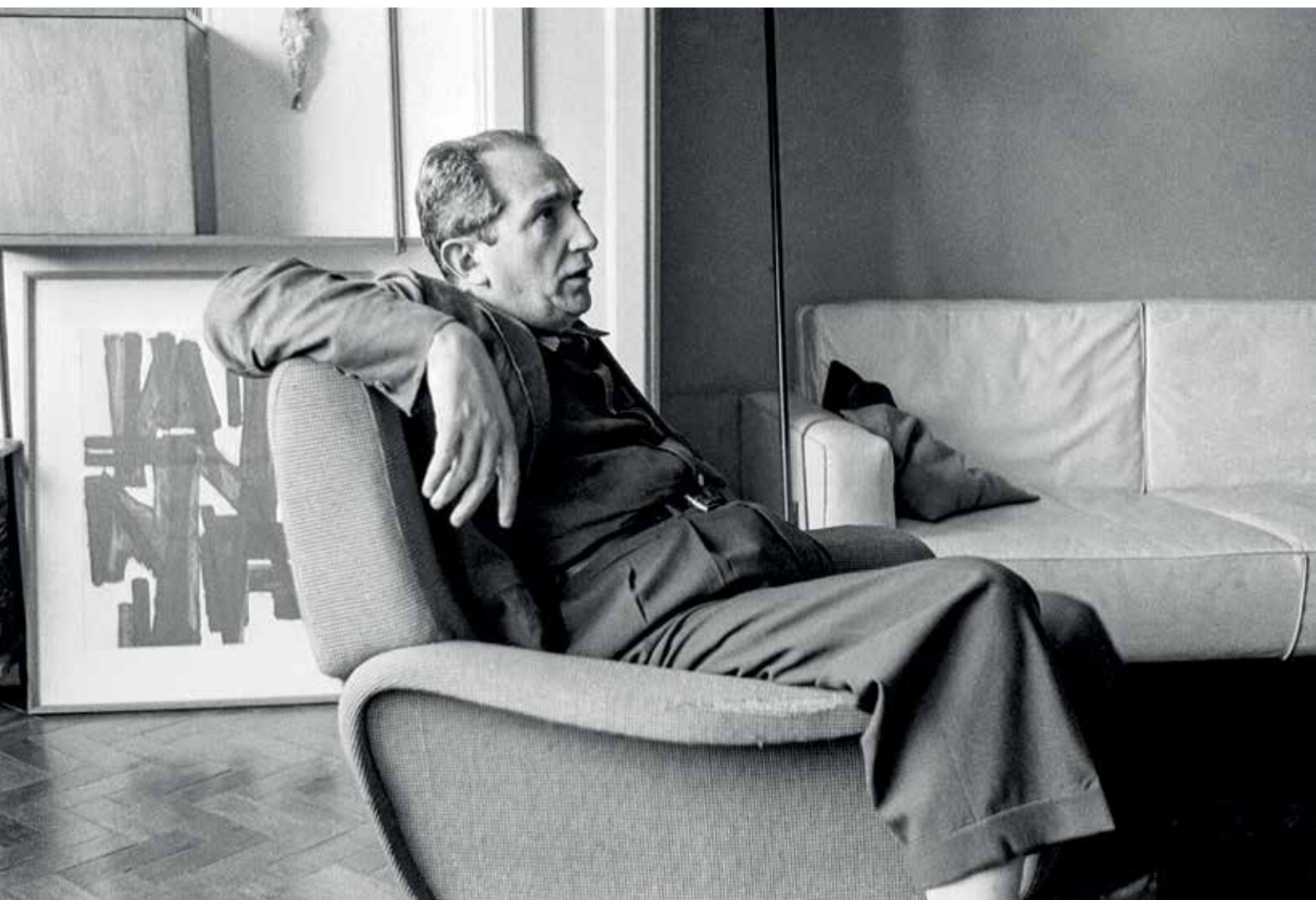
Na perspectiva de Pinheiro, os dados mostram que investimentos em políticas para criar ou aprimorar serviços públicos de provisão de cuidado tendem a beneficiar especialmente as mulheres e, entre elas, as negras. Em 2023, a socióloga do Ipea foi cedida ao Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome para atuar como diretora de Economia do Cuidado na Secretaria Nacional da Política de Cuidados e Família. Hoje, é uma das coordenadoras do processo de construção da Política Nacional de Cuidados e do Plano Nacional de Cuidados, previstos para serem anunciados pelo governo federal neste primeiro semestre. As propostas de políticas que integrarão o plano estão sendo elaboradas por um grupo interministerial, criado em março do ano passado, que envolveu 23 organizações do governo federal, além de representantes de governos estaduais, municipais, organismos internacionais e a sociedade civil.

Pinheiro esclarece, ainda, que as políticas serão direcionadas a quatro públicos prioritários: crianças e adolescentes, com atenção especial à primeira infância; idosos e pessoas com deficiência que precisam de apoio para realizar atividades básicas da vida diária; além dos indivíduos que cuidam – de forma remunerada ou não remunerada. “Com o envelhecimento populacional, a demanda de idosos por cuidados é cada vez maior, assim como aumenta a carga sobre as mulheres que exercem esse cuidado no âmbito das famílias”, comenta. Segundo ela, a ideia é que o Estado seja capaz de, ao mesmo tempo, prover o cuidado que essa população necessita e reduzir a sobrecarga de trabalho de cuidadoras familiares. ■

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

ARTES VISUAIS

# AS VÁRIAS VIDAS DE MÁRIO PEDROSA



## Com trajetória que se confunde com a história do século XX, crítico destacou a produção artística de grupos marginalizados

Juliana Vaz

**E**m outubro de 1970, o crítico de arte Mário Pedrosa (1900-1981) desembarcou em Santiago, no Chile, buscando asilo político. No Brasil, ele havia sido acusado de difamar a ditadura militar (1964-1985) por denunciar práticas de tortura de presos políticos. Na época, contava já 70 anos, o que não o impediu que continuasse trabalhando: “Não é cômodo um novo exílio na velhice. Mas aqui estou e recomeço uma vida que nunca parou de recomeçar. E assim é que recomeço, inclusive, a levantar um museu de arte moderna e experimental que a vida batizou de Museu da Solidariedade”, escreveu ao pintor mexicano Mathias Goeritz (1915-1990).

O convite para liderar a criação da nova instituição partiu do próprio Salvador Allende (1908-1973), então recém-eleito presidente do Chile. Graças à sua ampla rede de contatos no mundo da arte, Pedrosa mobilizou nomes como o catalão Joan Miró (1893-1983), a brasileira Lygia Clark (1920-1988) e o norte-americano Frank Stella, que enviaram obras para o novo museu, inaugurado na capital chilena em maio de 1972. “Era um museu com um acervo feito apenas de doações, com o objetivo de apoiar o governo socialista de Allende. Em um ano, recebeu mais de 600 obras”, conta a socióloga Glaucia Villas Bôas, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e autora de *Mário Pedrosa: Crítico de arte e da modernidade* (Editora UFRJ). Lançado no ano passado, o livro se junta a outras publicações que saíram recentemente sobre a vida e a obra do intelectual.

Interrompido pelo golpe do general Augusto Pinochet (1915-2006), o exílio do brasileiro no Chile ilustra o forte entrelaçamento entre arte e política que marcou sua biografia. Nascido em Timbaúba (PE), Pedrosa entrou em contato com ideias marxistas na Faculdade Nacional de Direi-

to, no Rio de Janeiro, que viria a se tornar uma unidade da UFRJ. Filiou-se ao Partido Comunista em 1925. Dois anos mais tarde, saiu do Brasil rumo à União Soviética para estudar na Escola Leninista de Moscou, mas adoeceu e mudou os planos: ficou em Berlim, onde frequentou cursos universitários de sociologia e filosofia, além de participar de atividades políticas contra os nazistas. É na capital alemã que adere às ideias da Oposição Internacional de Esquerda, grupo liderado por Leon Trotski (1879-1940), que se opunha ao stalinismo.

Pedrosa já havia publicado diversos artigos políticos na imprensa brasileira quando, em 1933, estreou na crítica de arte com um texto sobre a gravurista alemã Käthe Kollwitz (1867-1945). “É o primeiro ensaio brasileiro sobre arte moderna com base sociológica. Ele explica o fenômeno artístico com rigor científico e parte da dinâmica das estruturas sociais para entender o que é uma manifestação artística dentro de determinada sociedade”, aponta o filósofo Marcelo Mari, do Departamento de Artes Visuais da Universidade de Brasília (UnB), que organizou o livro *Mário Pedrosa: Revolução sensível* (Edições Sesc, 2023), com os historiadores Francisco Alambert e Everaldo de Oliveira Andrade, da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP).

Nos anos seguintes, o crítico escreveu ensaios sobre o pintor Candido Portinari (1903-1962), defendendo uma arte engajada e libertária, mas não panfletária. “Pedrosa queria renovar a arte brasileira na segunda metade da década de 1940, que, em sua visão, estava engessada. Para ele, o realismo de Portinari e Di Cavalcanti [1897-1976] servia de instrumento ideológico do Estado Novo [1937-1945] e para a construção de uma brasilidade oficial do governo Vargas”, explica Mari.

Mário Pedrosa em seu apartamento, no Rio de Janeiro (s/d)



Abertura da VI Bienal de São Paulo, em 1961, que teve Pedrosa como diretor artístico

Nos Estados Unidos, onde se exilou após sofrer perseguição por sua militância política durante a ditadura do Estado Novo, Pedrosa aprofundou suas formulações sobre a modernidade artística. Em Nova York, foi impactado pelas esculturas do artista norte-americano Alexander Calder (1898-1976), de quem se tornou amigo. “É uma arte democrática porque pode ser feita de qualquer troço, cabe em qualquer lugar, a serviço de qualquer condição, nobre, rara ou usual; e serve para revitalizar a alegria e o senso de harmonia, ora embotado, dos homens”, escreve o crítico no artigo “Calder, escultor de cataventos”, publicado em 1944. A partir daí, Pedrosa se afasta da arte figurativa e se aproxima de expressões não representativas, como o abstracionismo.

“Os primeiros escritos de Mário Pedrosa expressam uma visão da arte com compromisso social. Aos poucos, ele sofisticava essa visão e passa a incorporar elementos da Gestalt, a psicologia da forma alemã”, observa o jornalista Luiz Antônio Araujo, professor da Escola de Comunicação, Artes e Design da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), que prepara uma biografia do crítico para a editora Record, ainda sem data de lançamento. “Pedrosa valoriza a obra de Calder por recuperar objetos e materiais do cotidiano. Muita gente não achava que seus móveis, estruturas suspensas que se movem, podiam ser considerados arte. E é nessa mesma direção que ele orienta a primeira geração de artistas concretistas no Brasil, como Ivan Serpa [1923-1973], Abraham Palatnik [1928-2020], Lygia Clark e Hélio Oiticica [1937-1980].”

Em 1945, com o fim da Segunda Guerra Mundial e da ditadura do Estado Novo, Pedrosa retorna do exílio nos Estados Unidos. No ano seguinte, cria uma coluna dedicada exclusivamente às artes visuais no *Correio da Manhã* e na década de 1950 intensifica sua atividade como crítico na esfera pública. “Pedrosa não queria que sua reflexão sobre arte ficasse circunscrita a artistas ou ao público frequentador de galerias e bienais. Ele queria ser ouvido numa esfera ampla, e naquele momento um espaço de grande circulação e respeitabilidade era o jornal impresso”, acrescenta Araújo.

Com presença regular também no *Jornal do Brasil*, o pernambucano é hoje considerado por especialistas um dos grandes renovadores da crítica de arte no país. Até então, tratava-se de uma atividade realizada principalmente por literatos,



Com a mulher, a funcionária pública e tradutora Mary Houston, na Índia, em 1959

como Mário de Andrade (1893-1945), com quem o pernambucano se correspondeu. Ao longo das cinco décadas de atuação como crítico, Pedrosa reelabora constantemente seu pensamento sobre arte, sempre atento à cena internacional. Para ele, todo e qualquer indivíduo seria um artista em potencial, “independente de seu meridiano, seja ele papua ou cafuzo, brasileiro ou russo, negro ou amarelo, letrado ou iletrado, equilibrado ou desequilibrado”, conforme registrou em artigo publicado em 1947, no *Correio da Manhã*.

É assim que volta sua atenção à “arte virgem” produzida pelos artistas do ateliê do Engenho de Dentro, no Hospital Psiquiátrico Pedro II, no Rio de Janeiro, ao qual dedicou diversos artigos no *Correio da Manhã*. Pedrosa frequentava o espaço criado em 1946 pela psiquiatra Nise da Silveira (1905-1999) na companhia de jovens pintores como Serpa, Palatnik e Almir Mavignier (1925-2018). Estes, influenciados pelos artistas internos daquela instituição e pelas ideias do crítico, pouco a pouco abandonavam a pintura figurativa e abraçavam a arte concreta que despontaria no Rio de Janeiro nos anos 1950.

Segundo Villas Bôas, da UFRJ, a frieza técnica e a racionalidade da sociedade moderna tornaram-se alvos de Pedrosa: “Ele achava que a arte tinha a missão de ajudar o indivíduo a recuperar a sensibilidade perdida em um mundo cada vez mais veloz”. Sua concepção de modernidade, de cunho universalista, acrescenta a pesquisadora, difere da visão de Mário de Andrade, voltada para a construção de uma identidade nacional. Pedrosa enfatiza ainda o diálogo com o passado e as diferenças culturais: em 1961, como diretor artístico da VI Bienal de São Paulo, o crítico pernambucano causou repercussão ao reunir pela primeira vez no pavilhão do Ibirapuera arte africana e aborígene australiana, caligrafia japonesa e obras de modernistas como o alemão Kurt Schwitters (1887-1948).

Em 1977, com o início do processo de abertura política no Brasil, Pedrosa retorna do exílio em Paris, onde havia se refugiado após o golpe militar no Chile. Nesse período, constata que o ciclo da arte moderna havia se esgotado e concebe, com a artista Lygia Pape (1927-2004), uma mostra sobre arte indígena para o Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro (MAM Rio). Intitulada *Alegria de viver, alegria de criar*, a exposição tinha como proposta “mostrar ao brasileiro que o fenômeno cultural de criatividade artística não é um fenômeno de progresso, é de experiência, vivência, homogeneidade e defesa das virtudes das comunidades ainda vivas”, como escreveu o crítico no *Jornal do Brasil*. De acordo com Mari, da UnB, Pedrosa percebe no fim da vida que a



O crítico e a psiquiatra Nise da Silveira no Museu Nacional de Belas Artes, no Rio de Janeiro, em 1980

arte contemporânea tinha se tornado um objeto de consumo acomodado ao *status quo* e era incapaz de mudar a realidade. “Ele então aposta em outras experiências, como a arte indígena. Foi um decolonial *avant la lettre*”, define.

Porém um incêndio em 1978 destruiu parte do MAM Rio, frustrando a realização do evento. Em seu lugar, o crítico propôs a criação do Museu das Origens, que reuniria cinco instituições: o próprio MAM Rio, além do Museu do Índio, Museu do Inconsciente, Museu do Negro e Museu das Artes Populares. A iniciativa não avançou, mas hoje chama a atenção por ter destacado de modo pioneiro a produção artística de grupos historicamente marginalizados.

Confundindo-se com a história política e cultural do século XX, a vida agitada de Mário Pedrosa chegou ao fim em novembro de 1981. Vítima de câncer, ele morreu no Rio de Janeiro, aos 81 anos. Um ano antes, em São Paulo, havia assinado o livro de fundação do Partido dos Trabalhadores, tornando-se seu filiado nº 1.

Desde a publicação entre 1995 e 2000 dos quatro volumes de seus *Textos escolhidos* (Edusp), organizados pela filósofa Otília Arantes, da USP, é crescente o interesse de pesquisadores pela vida e obra do intelectual. Em 2015, o Museu de Arte Moderna (MoMA), de Nova York, reuniu em inglês parte de seus escritos na série *Primary documents*. No ano passado, a editora Companhia das Letras lançou a coletânea de ensaios *Obra crítica, vol. 1 – Das tendências sociais da arte à natureza afetiva da forma (1927 a 1951)*, organizada pelo músico Quito Pedrosa, neto do crítico. “Pedrosa pensou não só a cultura, mas o Brasil. Não foi mero reproduzidor de ideias europeias: formulou conceitos inéditos para entender nosso país. Por isso merece ser lido e estudado”, conclui Andrade, da FFLCH-USP. ■

MUSICOLOGIA



O sambista João da Baiana no Rio de Janeiro, entre as décadas de 1940 e 1950, com seu pandeiro: instrumento foi alvo de perseguição policial no início do século XX

# OS SONS NO PLURAL

Coleção de livros dedicados à música brasileira explora diversidade musical das regiões do país

Diego Viana

# Q

uando um grupo se reúne em torno da mestra griô Ana do Coco, na roda de coco Novo Quilombo, no município paraibano de Conde, a música que se toca ali é resultado de influências múltiplas. A sonoridade, a dança e o canto evocam fontes africanas, indígenas, árabes e europeias. Essa diversidade de referências também ocorre no extremo norte do Brasil: em Roraima, estado com 640 mil habitantes, festas cívicas e festivais de jazz apresentam sons nascidos do encontro de ritmos caribenhos, cantos ameríndios e até mesmo tradições gaúchas. Já no samba, o pandeiro, instrumento considerado como um dos símbolos nacionais, reflete uma história tortuosa de conflito racial e nacionalismo populista juntamente com o ritmo que produz.

Esses são alguns dos relatos presentes na coleção *Histórias das músicas no Brasil*, composta de cinco livros, cada um dedicado a uma das regiões do país. Editada pela Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Música (Anppom), a série está disponível para download gratuito no site da instituição ([www.anppom.com.br/ebooks/](http://www.anppom.com.br/ebooks/)). Ao colocar no plural tanto “história” quanto “música”, a coletânea ressalta a enorme variedade de influências que determinam como a música se faz em um país continental e multirracial como o nosso.

Organizado pelos musicólogos Marcos Holler, da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc), e Mônica Vermes, da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), o projeto busca dar visibilidade à produção acadêmica atual. “Um dos nossos objetivos foi mostrar como a história da música tem se enriquecido ao interagir mais de perto não só com a etnomusicologia, mas também com a sociologia e a antropologia”, afirma Vermes, diretora de publicações da Anppom.

“Há muita pesquisa em música sendo feita no Brasil, mas percebemos que a divulgação muitas vezes fica restrita à região onde ela é produzida”, acrescenta Holler. “Foi por isso que escolhemos dividir a publicação em cinco volumes, com recorte regional bem definido.”

Esse campo de estudos vem crescendo no Brasil desde a década de 1980 – a própria Anppom foi fundada em 1988. Neste século, a tendência se acelerou, acompanhando a expansão das universidades no país, de acordo com o músico e historiador André Acastro Egg, da Universidade Estadual do Paraná (Unespar) e da Universidade Federal do Paraná (UFPR), que editou, com a historiadora Márcia Ramos de Oliveira, da Udesc, o volume dedicado à região Sul. O crescimento

trouxe consigo a diversificação temática que, além da análise da prática musical e das sonoridades, incorporou o estudo dos aspectos sociais, políticos, étnicos, econômicos e de gênero.

Ao longo do século XX, o estudo da música feita no Brasil se concentrou excessivamente no desenvolvimento da vertente erudita, segundo Egg. “No singular, a expressão ‘história da música’ remete a um jeito de pensar herdeiro do positivismo do século XIX, que produz, sobretudo, estudos focados em compositores e obras, principalmente clássicos”, diz o pesquisador. “A partir do final do século XX, começou uma renovação metodológica, que consiste em pensar a música no país em relações históricas mais amplas.”

De acordo com a musicóloga e historiadora Ana Guiomar Rêgo Souza, da Universidade Federal de Goiás (UFG), apenas nos últimos 20 anos a pesquisa em história da música se abriu de fato para a pluralidade das manifestações, além da matriz europeia. “É claro que não é possível excluir as fontes europeias, portuguesas em particular, até primórdios do século XIX, da música brasileira. Mas nosso objetivo é mostrar como ela sempre esteve em contato com outras manifestações”, explica Souza, que organizou com a educadora Flavia Maria Cruvinel, também da UFG, o volume sobre o Centro-Oeste.

Segundo Holler, a produção acadêmica em história da música foi muito impulsionada pela tecnologia digital. A fonte mais evocada nesse campo é a Hemeroteca Digital da Biblioteca Nacional, que desde 2012 disponibiliza on-line os periódicos brasileiros publicados a partir de 1808, exceto os que ainda estão em circulação. É nesse amplo acervo que se encontram notícias de apresentações, gravações e turnês, críticas e crônicas musicais, além de anúncios de instrumentos, discos e salas de concerto.

Na introdução do volume dedicado ao Sudeste, as historiadoras Virgínia de Almeida Bessa, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), e Juliana Pérez González, pesquisadora independente, afirmam que o século XX também testemunhou a tendência de procurar uma música nacional, ou seja, a “brasilidade” nessa manifestação artística. Mas, em se tratando de um país continental, como falar em uma música nacional única?

Essa questão é abordada pelo percussionista e musicólogo Eduardo Vidili, da Udesc, em seu artigo no mesmo volume. O pesquisador observa que diversas canções consideradas a quintessência da brasilidade tratam o pandeiro como símbolo nacional: é o caso de *Aquarela do Brasil*, de Ary Barroso (1903-1964), com o verso “terra de samba e pandeiro”, e *Brasil pandeiro*, de Assis Valente (1911-1958), que coloca a associação diretamente no título.

Contudo, esse pequeno instrumento de percussão chegou a ser perseguido pela polícia nos primeiros anos do século XX: associado à vadiagem, podia levar sambistas à cadeia. Músicos hoje admirados, como João da Baiana (1887-1974), relataram em entrevistas anos mais tarde a repressão que sofreram. Na década de 1930, entretanto, o pandeiro já “era reverenciado, investido de uma chave de orgulho, como algo que nos representava como nação”, diz Vidili. Explicar essa transição rápida passa por circunstâncias como a interação entre ranchos carnavalescos e jornalistas, a portabilidade do instrumento e o esforço do governo de Getúlio Vargas (1882-1954), que transcorreu entre 1930 e 1945, para desenvolver um nacionalismo cultural no país.

“Foi a ascensão do rádio o fator decisivo para consolidar a posição do pandeiro no imaginário nacional”, constata Vidili. Em 1932, Vargas regulamentou a exploração de publicidade no rádio, o que permitiu a estruturação de emissoras comerciais, com destaque para a Mayrink Veiga, no Rio de Janeiro. “Versátil, o pandeiro se encaixou muito bem no esquema de produção das rádios, em que conjuntos musicais contratados tocavam ao vivo. Ocorreu ali uma espécie de domesticação da batucada. Ao mesmo tempo, os pandeiristas

do rádio passaram a ter destaque na imprensa”, prossegue o musicólogo.

De acordo com Vidili, nessa época, ganha força uma formação musical comum até hoje no contexto do choro: o chamado regional. Nele, o único instrumento de percussão é o pandeiro. “Isso acontece pela mesma razão que o leva a estar nas ruas, onde ocorre a perseguição policial: é portátil, produz sons variados e tem um alcance sonoro pequeno em termos de volume, que se adapta ao trio de violão, cavaquinho e flauta.”

**N**o capítulo “A ‘ópera’ em Pirenópolis desde os oitocentos”, escrito em parceria com o filósofo Geraldo Márcio da Silva, da Secretaria de Educação de Goiás, Souza, da UFG, mostra a relação do teatro musical da cidade de Pirenópolis (GO) com as formas de sociabilidade e as estruturas de poder local, sobretudo no século XIX e início do XX. A palavra “ópera” é grafada entre aspas porque esse termo designava qualquer apresentação musical.

O eixo da sociabilidade musical na região eram as Festas do Divino Espírito Santo, que reuniam a população em torno de bandas que tocavam a céu aberto, principalmente com metais. Essas mesmas bandas se apresentavam em teatros, com o acréscimo de instrumentos de cordas, o que as tornava um pouco semelhantes às orquestras sinfônicas. “As festas eram instituições muito importantes em cada localidade, praticamente uma matriz identitária”, diz Souza.

Nesse contexto, as bandas desempenhavam um papel fundamental, segundo a historiadora e musicóloga. Os conjuntos tinham diferentes origens: formavam-se nas igrejas, nas instituições militares e policiais, mas também por iniciativa de particulares. É o caso da banda Phoenix, fundada no século XIX, em Pirenópolis, pelo músico Joaquim Propício de Pina (1867-1943), que até hoje permanece na ativa. “As bandas dominaram a cena musical da segunda metade do século XIX no Brasil, em um tempo sem televisão ou rádio. Não é possível imaginar uma festividade sem banda nessa época, porque só havia orquestras nas cidades maiores e, assim mesmo, eram poucas.” O tema das bandas e das festas figura em vários artigos do volume dedicado ao Centro-Oeste.

Souza acrescenta que uma descoberta importante de estudos recentes foi o papel das mulheres na sociabilidade musical da região. “A alta sociedade se reunia em saraus, que eram organizados



Integrantes do grupo de coco de roda Novo Quilombo, da Paraíba



fundamentalmente pelas mulheres. Elas tocavam e cantavam até com mais frequência do que os homens”, informa. As mulheres tinham papel de organização e comando, inclusive na música executada em catedrais. “Porém, quando vinham padres visitantes do Vaticano, elas recuavam e se afastavam discretamente dessa função.”

No volume dedicado ao Nordeste, os etnomusicólogos Eurides Santos, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), e Erivan Silva, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), abrem seu artigo afirmando que, a exemplo de outras manifestações, “os cocos são, ao mesmo tempo, gênero musical e evento popular envolvendo música, dança e poesia”. Com base na conjunção de sons, sociabilidade e relações raciais, os autores analisam a presença e o significado dessa prática, caracterizada por um canto na forma de pergunta e resposta, acompanhada por palmas e dança em roda.

De origem afro-brasileira, o coco se espalhou por áreas rurais e urbanas de estados como Alagoas, Pernambuco e Paraíba, acompanhando a diáspora da população negra. É praticado em muitos quilombos até hoje. Adotado por comunidades indígenas em cerimônias como o Toré e o culto da Jurema, tornou-se “um símbolo de resistência e um capital simbólico afro-indígena em boa parte do Nordeste”, observa Santos, da UFPB. Laudos antropológicos usados em processos de demarcação de terras indígenas ou quilombolas chegam a apontar a manifestação do coco de roda como sinal de ocupação antiga da terra.

Já no Norte do país, a conjunção entre o processo histórico e a diversidade de sons se revela de maneira condensada em Roraima, segundo o musicólogo Gustavo Frosi Benetti e o educador musical Jefferson Tiago de Souza Mendes da Silva, ambos da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Como escrevem em um dos capítulos do volume dedicado a essa região, a população de Roraima tem um perfil diverso, que reflete as sucessivas ondas de ocupação da Amazônia promovidas pelo governo brasileiro: das fazendas do fim do século XIX à migração incentivada pelo regime militar (1964-1985). Mais recentemente, o avanço da fronteira agropecuária, o garimpo e a chegada de imigrantes venezuelanos também ampliaram o leque demográfico de Roraima.

Como resultado, uma grande variedade sonora se encontra hoje no estado. Os pesquisadores fizeram um levantamento dos estilos praticados na capital Boa Vista e em 14 municípios do interior. Encontraram desde músicas de origem indígena, cujo primeiro registro foi feito pelo antropólogo alemão Theodor Koch-Grünberg (1872-1924) entre 1911 e 1913, até o reggae caribenho que vem da Guiana. Em cidades como São João da Baliza e Amajari, a forte presença

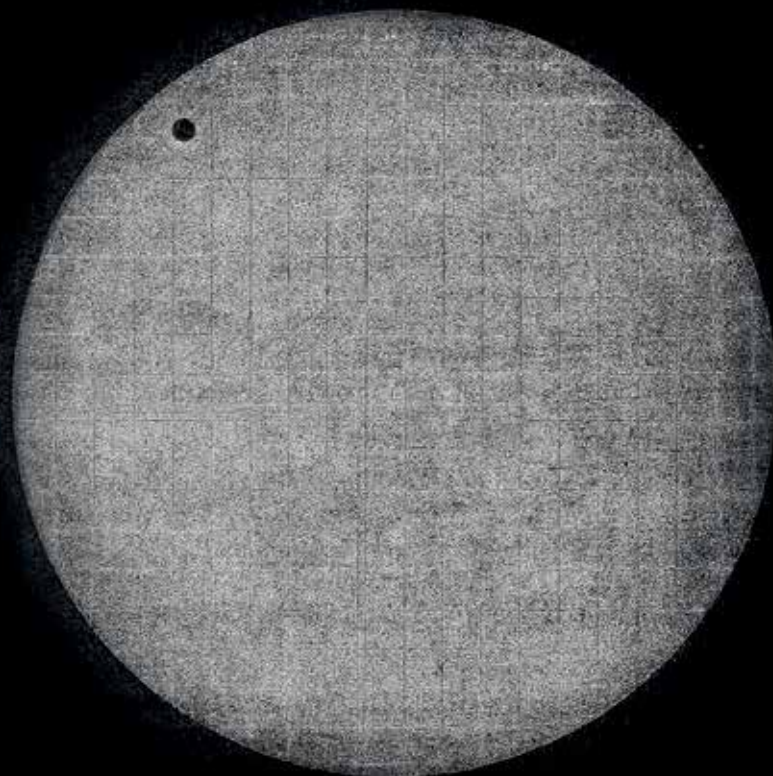


No alto, a banda Phoenix, de Pirenópolis (GO), nos anos 1940, e, ao lado, o Trio Roraimeira, em 2017, expoente de movimento musical do Norte do Brasil

da população oriunda do Nordeste faz com que festas juninas sejam muito populares. Já em São Luiz, desde a década de 1990 migrantes gaúchos realizam festas tipicamente sulinas, como a Semana Farroupilha e a Vaquejada.

“No caso do reggae, o que chegou a Boa Vista através do município de Bonfim, que faz fronteira com a cidade guianense de Lethem, foi uma sonoridade particular, diferente daquela que associamos a Bob Marley [1945-1981] e outros nomes famosos do reggae original, que surgiu na Jamaica”, acrescenta Silva. “Assim, formou-se na região um caldeirão musical que mistura também o carimbó paraense, os elementos caribenhos vindos da Venezuela e outras referências. Esse cruzamento de sons é muito ouvido em ocasiões como o festival de jazz de Tepequém.”

Um momento decisivo para a formação da sonoridade da região foi a década de 1980. Na época, por meio de festivais de música e encontros de compositores, surgiu o Movimento Roraimeira. “Esse é um fenômeno bastante estudado no estado. Era fortemente calcado na produção autoral e tinha a perspectiva de criar uma identidade regional por meio das artes de forma geral, não só a música. Nomes como Eliakin Rufino, Neuber Uchôa e Zeca Preto se destacaram no período e em suas composições é possível perceber a variedade de matrizes, sejam europeias, dos povos originários ou de culturas afro-latinas”, finaliza Benetti. ■



Vênus (*círculo escuro*) sobre o disco solar em 9 de dezembro de 1874

# NO JAPÃO, PARA VER VÊNUS

Há 150 anos, um astrônomo brasileiro atravessou meio mundo para calcular a distância da Terra ao Sol

Sarah Schmidt

**E**m 9 de dezembro de 1874, em Nagasaki, no Japão, aonde chegou após uma viagem de 48 dias de navio, o astrônomo e engenheiro carioca Francisco Antonio de Almeida Júnior (1851-1928) descreveu desse modo a rara passagem de Vênus diante do Sol: “Às 10 horas e alguns minutos assistimos à entrada triunfal de Vênus nas regiões solares, e já havia decorrido mais de um século que a formosa deusa não se dignava permitir aos mortais testemunharem suas ardentes visitas ao rei dos astros”. O relato integra seu livro *Da França ao Japão: Narração de viagem e descrição histórica, usos e costumes dos habitantes da China, do Japão e de outros países da Ásia*, publicado em 1879.

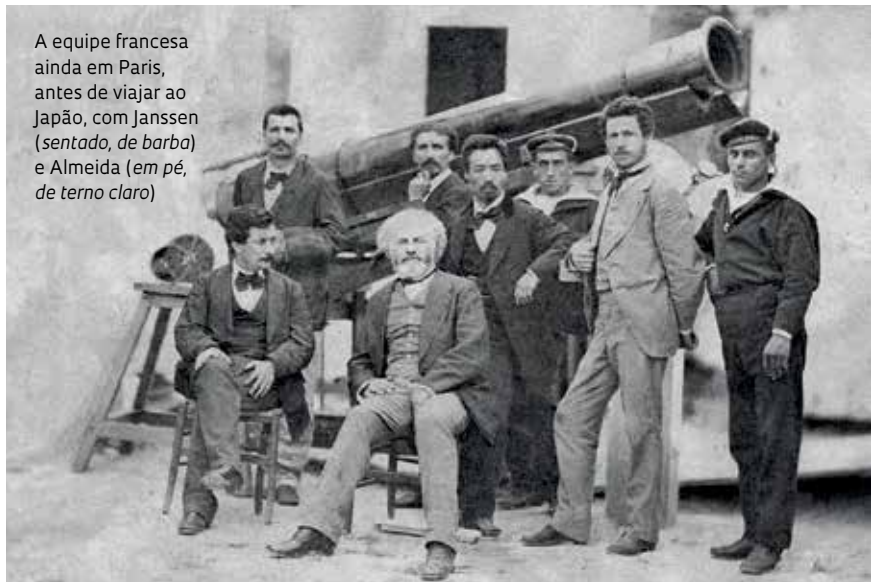
Considerado o primeiro astrônomo brasileiro a acompanhar um trânsito de Vênus e o primeiro cidadão do país a visitar o Japão, Almeida integrou uma das equipes francesas, já que estudava em Paris desde 1872. Uma equipe italiana

tinha ido à Índia, uma francesa à Nova Zelândia e uma britânica ao Havaí, todas com o mesmo objetivo: aprimorar os valores da paralaxe solar. Esse termo “indica alteração na situação aparente do astro a que se refere”, explicou Almeida Júnior no livro *A paralaxe do Sol e as passagens de Vênus*, de 1878. Ou seja, é o deslocamento aparente de um objeto celeste – nesse caso, Vênus – sobre o disco solar, visto de pontos distintos do globo.

Com os dados sobre o deslocamento do planeta sobre o disco solar, os astrônomos calculavam a distância entre a Terra e o Sol, a chamada unidade astronômica. “Eles estavam em busca de valores mais precisos das dimensões do Sistema Solar”, explica o astrônomo Rundsthen Nader, do Observatório do Valongo e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que estudou a participação brasileira nos trânsitos de Vênus de 1874 e de 1882 em seu doutorado, concluído em 2015.

O fenômeno de 1874 foi o oitavo registrado, na trilha aberta pelos astrônomos britânicos Jeremiah Horrocks (1618-1641) e William Crabtree (1610-1644). Separadamente, de suas casas, perto de Preston e de Manchester, ambas no Reino Unido, eles foram os primei-

Capa do livro de Almeida com descrições da passagem de Vênus de 1874 e previsões da seguinte, de 1882



A equipe francesa ainda em Paris, antes de viajar ao Japão, com Janssen (sentado, de barba) e Almeida (em pé, de terno claro)

ros a fazer uma observação científica da passagem de Vênus diante do Sol, em 4 de dezembro de 1639.

“Essa observação teve percalços e Horrocks e Crabtree nem tentaram determinar a paralaxe do Sol”, conta o astrofísico Oscar Matsuura, professor aposentado da Universidade de São Paulo (USP) e organizador do livro *História da astronomia no Brasil* (Cepe, 2014). “Depois, Horrocks, com base no diâmetro angular [diâmetro aparente, medido da Terra, em graus] de Vênus, estimou a distância do Sol em 97 milhões de km [quilômetros], indicando que o Sistema Solar era muito maior do que se acreditava na época.” O astrônomo e matemático italiano Giovanni Cassini (1625-1712), em Paris, e seu assistente Jean Richer (1630-1696), em Caiena, na Guiana Francesa, observando a paralaxe de outro planeta, Marte, obtiveram em 1672 a primeira medida confiável da unidade astronômica, de 138 milhões de km, que permaneceu por cerca de um século.

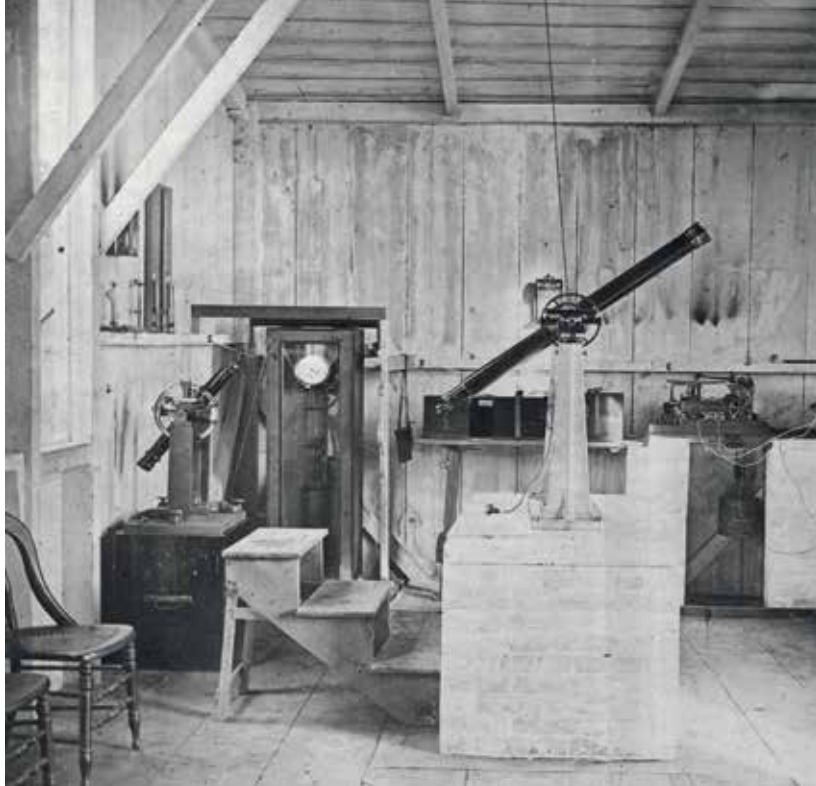
A observação da passagem – ou trânsito – de Vênus e Mercúrio, os dois planetas mais próximos do Sol, era então um dos principais meios para calcular a distância da Terra à nossa estrela mais próxima. Mercúrio põe-se à frente do Sol cerca de 13 ou 14 vezes a cada século, enquanto os trânsitos de Vênus ocorrem em ciclos de 243 anos, que começam com uma primeira passagem, em dezembro; oito anos depois, de novo em dezembro, há uma segunda; há um intervalo de 121,5 anos até a terceira, em junho; oito anos depois, também em junho, ocorre o quar-

to trânsito; o seguinte se dá 105,5 anos depois, também em dezembro.

A ideia de usar a passagem de um planeta para calcular a distância entre a Terra e o Sol foi proposta em 1716 pelo astrônomo britânico Edmond Halley (1656-1742), depois de testemunhar um trânsito de Mercúrio em 1677 na ilha de Santa Helena. Sua hipótese era de que seria possível calcular a distância da Terra ao Sol por triangulação, medindo a passagem de outro planeta a partir de distintos pontos da Terra. “A posição do trânsito de Mercúrio era mais difícil de observar, por fazer uma trajetória pouco acima do horizonte. Então, naquela época, Vênus era a esperança”, diz Nader.

**E**m um capítulo do livro *Epistemologia e história de la astronomía* (Universidade de Córdoba, 2023), os físicos Maria Romênia da Silva e André Ferrer Pinto Martins, ambos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), observam que Almeida era um personagem-chave da astronomia brasileira da época e “exprime o desejo e o empenho de uma geração de intelectuais interessados em compreender melhor o país, com vias de fazê-lo avançar com base nos referenciais europeus”.

Almeida chegou a Paris em 1872, com um colega do Imperial Observatório do Rio de Janeiro, o astrônomo Julião de Oliveira Lacaille (1851-1926), ambos com bolsas de estudo concedidas por dom Pedro II (1825-1891). “Até então havia



Equipamentos usados pela equipe brasileira para observar a passagem de Vênus na ilha de São Tomás, nas Antilhas, em dezembro de 1882

mortos na cidade de Hong Kong quando viajava para o Japão com a comissão francesa”, conta Silva.

A participação brasileira foi mais relevante na observação do trânsito de Vênus de 1882, dessa vez visível na América do Sul, América Central e no leste da América do Norte. Uma equipe ficou no Imperial Observatório, agora sob direção do astrônomo belga Luiz Cruls (1848-1908), e outras foram a Olinda, em Pernambuco, a Punta Arenas, no Chile, e à ilha de São Tomás, nas Antilhas.

Os gastos com as expedições motivaram debates sobre o financiamento da ciência no país. “Em 1874, houve algumas críticas sobre o envio de um astrônomo ao Japão, mas em uma dimensão muito menor”, relata o historiador Jacques Pinto, da Casa de Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Dessa vez, os ministérios do Império e da Marinha fizeram um pedido de 30 contos de réis, cada um, para a fabricação de lunetas, construção das casas de observação, transporte e pagamento dos pesquisadores.

Deputados e senadores dos partidos Liberal e Conservador votaram juntos contra a liberação da verba. “Predominava uma visão utilitarista, de que a ciência teria de se voltar apenas para a lavoura e para a agronomia”, observa a historiadora Alexandra Aguiar, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), que examinou o embate político

uma astronomia utilitarista no Brasil, que servia para determinar horários e ajudar nas medições geográficas para a construção de estradas, enquanto na Europa os pesquisadores já procuravam entender a composição química das estrelas”, observa Nader.

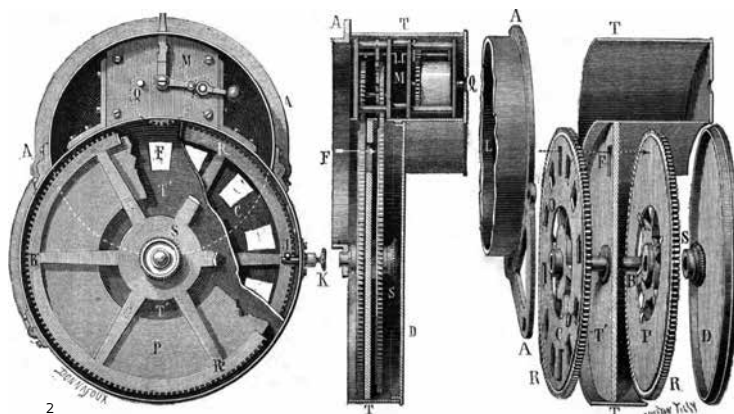
As mudanças na astronomia brasileira haviam começado um ano antes, em 1871, quando o imperador convidou o astrônomo francês Emmanuel Liais (1826-1900) para dirigir o Imperial Observatório do Rio de Janeiro. Liais aceitou, sob duas condições: a instituição deixaria de ser voltada para treinamentos de alunos de academias militares e investiria em pesquisa astronômica, inclusive em ciência básica. “Não se pode negar que o imperador preparou as condições para que o Brasil participasse de forma marcante no esforço internacional para observar o trânsito de Vênus em 1882”, destaca Matsuura.

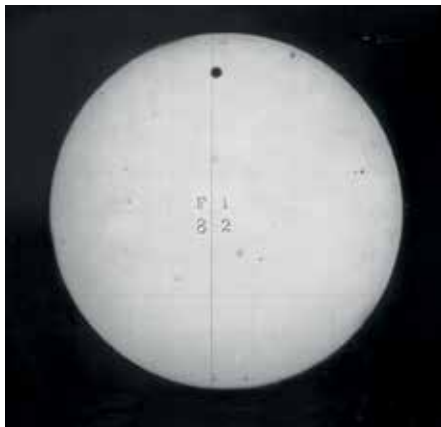
Em Nagasaki, Almeida Júnior operou um equipamento inovador, o revólver fotográfico, desenvolvido pelo líder da equipe francesa, o astrônomo Pierre Jules Janssen (1824-1907). O aparelho funcionava como uma filmadora rudimentar e foi usado para gravar imagens do momento em que Vênus tocou o disco solar em sequência com intervalos de tempo muito curtos em placas de vidro com emulsão de prata. O resultado, porém, não foi o esperado. “As imagens ficaram granuladas, o que impediu uma análise

minuciosa da posição do planeta”, diz Nader. “A missão francesa em Nagasaki contribuiu muito pouco para o aprimoramento da paralaxe solar. De maneira geral, os dados de 1874 não foram muito diferentes do que já se tinha.”

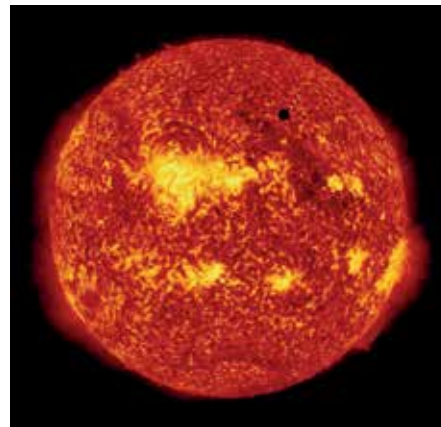
Em 1875, ainda na Europa, Almeida recebeu a comenda brasileira de Cavaleiro da Ordem da Rosa por sua participação na comissão científica francesa e voltou ao Rio de Janeiro no ano seguinte, como doutor em filosofia pela Universidade de Bonn, na Alemanha. “Ele fez uma tese sobre os movimentos do ar, motivado pelo fato de ter saído ileso de um tufão que deixou cerca de 8 mil

O revólver fotográfico desmontado (abaixo) e em uso por Almeida em Nagasaki (ilustração na outra página)





Com precisão crescente, as passagens de Vênus diante do Sol em 6 de dezembro de 1882, 6 de agosto de 2004 e 5 de junho de 2012



em um artigo publicado em agosto de 2017 na revista *Temporalidades*. Por fim, em 30 de maio de 1882, apenas o pedido do Ministério do Império foi aprovado. Doações particulares completaram o restante da verba pedida para a missão das Antilhas, chefiada por Antônio Luís von Hoonholtz, o barão de Tefé (1837-1931).

Cruls chefiou a comissão de Punta Arenas e publicou as observações brasileiras em dezembro de 1887 nos *Annales de L'Observatoire Impérial de Rio de Janeiro*. De acordo com Nader, o valor final para a paralaxe solar obtido pela comissão brasileira foi de 147.826.661 km, porque Cruls não incluiu os erros

associados às medidas, como fizeram as expedições de outros países. “Nos meios acadêmicos, os resultados da comissão brasileira foram bem-vistos”, diz Nader.

Lacaille, que também havia estudado na França, chefiou a equipe que montou um ponto de observação em Olinda, mas não há registros da participação de Almeida Júnior em nenhuma das expedições brasileiras em 1882. Sua ausência “parece até hoje inexplicável, mesmo considerando as opiniões de astrônomos que não acreditavam na vantagem de observar as passagens de Vênus para determinar a paralaxe solar”, comentou o astrônomo Ronaldo Rogério de Freitas Mourão (1935-2014), do Museu de Astronomia e Ciências Afins (Mast), em um artigo de 2005 na revista *Navigator*.

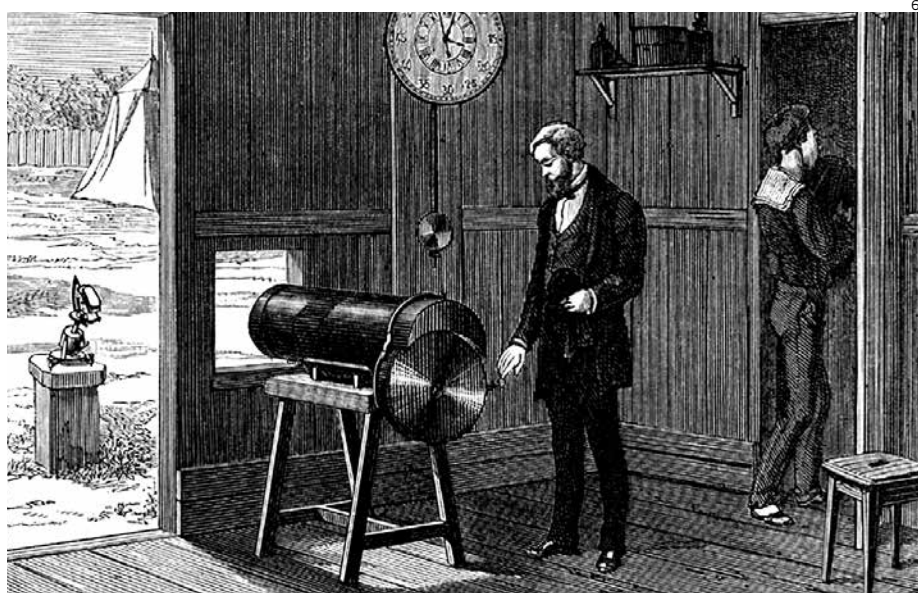
Ao analisar as 94 páginas do livro *A paralaxe do Sol*, Silva verificou que Almeida indicava os horários em que Vênus provavelmente seria visível em cidades do Brasil, Chile, Peru, Estados Unidos,

Canadá, França e Escócia em 1882. “Ele dá a entender que esperava ser convidado para integrar a comitiva brasileira”, ela concluiu. A seu ver, as tensões políticas da época poderiam explicar o fato de ele ter sido deixado de lado: “Ele se alinhava com ideias liberais, e a atmosfera política em 1882 estava complicada para dom Pedro II, como já haviam indicado os embates pela verba para financiar as comissões científicas”.

**N**omeado diretor do *Diário Oficial* em julho de 1891, Almeida foi exonerado do cargo seis meses depois, quando o presidente Deodoro da Fonseca (1827-1892) renunciou. Depois, foi preso na gestão do presidente Floriano Peixoto (1839-1895) acusado de participar de uma conspiração contra o governo em abril de 1892. “Ele era crítico dos governos militares da Primeira República, conhecidos por serem autoritários”, comenta Pinto.

No final do século XIX, em vez de esperar outras passagens de Vênus, astrônomos começaram a calcular a paralaxe solar usando asteroides, rochas de diversos tamanhos que orbitam o Sol. Depois, usaram radares e a velocidade da luz. Em 1976, a União Astronômica Internacional (IAU) fixou a distância entre o Sol e a Terra em 149.597.870 km.

Em 2008 e 2012, Vênus cruzou mais uma vez o disco solar. “Mas esses trânsitos não acrescentaram muito mais informações sobre essas medidas. Assim como os eclipses, hoje eles são mais eventos midiáticos, que ajudam a divulgar a ciência”, pondera Nader. O planeta mais facilmente visível no céu deverá se postar novamente diante do Sol em 10 de dezembro de 2117 e em 8 de dezembro de 2125. ■





## HOJE TEM ESPETÁCULO?

O físico George Sand de França se divide entre a carreira acadêmica e a arte da palhaçaria

**S**empre gostei de movimento. Na infância, praticava esportes e teatro, mas, por ser um bom aluno em ciências exatas, tinha dúvidas entre cursar física, artes cênicas e educação física. Acabei optando pela área de exatas. Entrei no curso de física em 1992, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte [UFRN], e logo comecei a trabalhar como bolsista do Programa Especial de Treinamento da Capes [Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior]. No ano seguinte, paralelamente à graduação, ingressei no Clowns de Shakespeare, grupo de teatro de Natal.

Depois de me graduar em física, pesquisei sismologia no mestrado em geodinâmica e geofísica da UFRN. Minha mo-

tivação foi uma lembrança do passado, o terremoto que presenciei em 1986, aos 15 anos. Lembro de estar no segundo andar da escola no momento do tremor, sentido por todos nós, colegas, professores e demais funcionários. O terremoto de 5.1 de magnitude ficou conhecido como o sismo de João Câmara, cidade a cerca de 80 quilômetros de Natal, onde eu morava.

No final do segundo ano como integrante do Clowns de Shakespeare, quando apresentáramos o primeiro espetáculo de maior envergadura do grupo, precisei fazer a escolha entre ciência e arte. Era 1998 e meu orientador no mestrado, o físico Mario Koechi Takeya, me cobrou uma posição. Não o culpo por aquela atitude, mas em nome da minha pesquisa – na qual analisamos dados sísmicos

no açude Tucunduba, no Ceará – deixei a companhia teatral dois meses antes da estreia de *A megera do Nada*, espetáculo dirigido por Sávio Araújo que fazia uma sátira ao clássico *A megera domada*, de William Shakespeare [1564-1616].

Um pouco mais tarde, em 1999, ingressei no doutorado do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo [IAG-USP], sob orientação do professor Marcelo Assumpção. Na pesquisa, estudamos a estrutura da crosta terrestre no Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Em 2001, quando tive um ano relativamente mais tranquilo no doutorado, participei de uma oficina no Teatro da USP, ministrada pelos atores Edgar Castro e Georgette Fadel, dois mestres que marcaram

À esquerda, França no campus do Butantã da USP, onde leciona desde o ano passado. Nesta página, como Dr. Terremoto, ao lado da Dra. Magnetita

minha trajetória. No mesmo período, integrei o Grupo de Teatro Movimento, de São Paulo, onde atuei em três espetáculos ao longo de dois anos na companhia.

De volta a Natal em 2004, para um pós-doutorado na UFRN, foi a vez de frequentar a oficina Arte do Palhaço, oferecida por Felícia Castro e Flavia Marco Antônio, no Centro Experimental de Teatro. Em 2006, passei no concurso para professor do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília [UnB]. Como recém-contratado, tinha muito trabalho a fazer e me afastei dos palcos. Voltei a fazer teatro, para valer, em 2015. No ano seguinte, cursei outra oficina de palhaçaria, dessa vez com o ator e diretor José Regino, que considero meu grande mestre. Foi ali que, de fato, me apaixonei pelo ofício e assim nasceu meu primeiro palhaço, que, entretanto, ainda não era o Dr. Terremoto.

Naquele momento, teorias absurdas como a da Terra plana ganharam força nas redes sociais. Fiquei preocupado. Não sabia como as pessoas seriam impactadas por aquelas ideias esdrúxulas e logo tive a ideia de brincar com o assunto. Todo palhaço tem uma habilidade, um aspecto inusitado. No meu caso, é a ligação do personagem com a ciência que causa a surpresa. O interessante é que na ciência existe todo o cuidado para evitar o erro; por exemplo, na hora de publicar um achado ou comunicar à imprensa sobre um abalo sísmico. Errar é uma coisa impensável para nós, cientistas. E, claro, deve ser assim. Já o palhaço faz o contrário: brinca com o erro e em cima dele cria situações que podem fazer o espectador pensar no acerto de um jeito diferente.

Em cima dessa proposta, criamos *A Terra é plana! E agora?*, espetáculo para todas as idades que estreou em Brasília, em 2019. Nas primeiras apresentações, já como Dr. Terremoto, percebi que o público era majoritariamente acadêmico, composto por colegas de profissão e alunos. Paralelamente a isso, notei que a peça não rendia da mesma forma entre espectadores leigos. Fui mudando a linguagem e a

abordagem de acordo com os ambientes em que me apresentava, até encontrar uma forma de levar a mensagem do Dr. Terremoto a um público mais amplo.

A estreia do Dr. Terremoto, entretanto, aconteceu um pouco antes, durante um congresso da European Geosciences Union [EGU] em Viena, na Áustria, naquele mesmo 2019. Fui caracterizado de palhaço, entrei dessa forma no evento e aguardei a vez de me apresentar no chamado pico, aquelas sessões de cinco minutos de explanação. Integrei um bloco específico, com outros artistas e cientistas que se enveredam pela área artística, para falar como a arte pode ajudar a ciência e vice-versa. Estou acostumado a expor meus trabalhos em eventos internacionais, mas esse foi, sem dúvida, o de maior impacto em minha vida, com a maior atenção e plateia que já tive.

No ano passado, me tornei professor titular no IAG-USP. Por causa disso, mudei para São Paulo com minha mulher, que é administradora de empresas. Temos dois filhos. Gabriel, de 23 anos, que gosta de música e cursa ciência da computação na UnB. Julia, de 17 anos, é bailarina, participa de uma companhia de dança em Brasília, mas acaba de passar em uma audição em São Paulo.

Atualmente integro o Observatório Companhia Teatral, grupo que surgiu há cinco anos. Em novembro, fizemos uma apresentação na festa de confraternização dos funcionários do IAG-USP e familiares. Dividi a cena com a Dra. Magnetita, palhaça criada pela geofísica



Janine Araujo do Carmo, do Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello [Cenpes-Petrobras].

Desde fevereiro estou à frente da Oficina de Palhaçaria Científica, ao lado dos atores Julia Bertollini, a palhaça Catarina, e Pedro Caroca, o palhaço Seu Cocó. O objetivo desse curso de extensão universitária no IAG-USP, voltado para professores de ensino médio e superior, além de alunos de graduação e de pós-graduação de várias áreas, é ensinar a comunicar os conceitos científicos de forma simples e envolvente.

Como ator, palhaço e diretor fiz até hoje 17 espetáculos e um longa-metragem. Mesmo me dedicando o quanto posso às artes cênicas, sou um cientista empenhado, bolsista nível 1C de produtividade em pesquisa do CNPq [Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico]. Em sala de aula, sigo o estilo tradicional, mas não abro mão do bom humor. Gosto sempre de dizer que a parceria entre ciência e arte é coisa séria. Além de ser um importante canal de divulgação científica, a arte ajuda a quebrar o excesso de formalidade no meio acadêmico. Tomara que essa ideia se espalhe. ■

DEPOIMENTO CONCEDIDO A NEIDE OLIVEIRA

SAIBA MAIS

Instagram  
Dr. Terremoto



# O povoamento das Américas

Cláudia R. Plens



**Admirável novo mundo:**  
Uma história da  
ocupação humana  
nas Américas  
Bernardo Esteves  
Companhia das Letras  
504 páginas  
R\$ 104,90

**Q**uem eram, como e quando chegaram os primeiros humanos no último continente a ser alcançado pelas grandes migrações, a América? Esse é o cerne do livro escrito pelo jornalista Bernardo Esteves, fruto de 10 anos de pesquisas a partir de literatura científica, entrevistas com pesquisadores e visitas a instituições científicas e sítios arqueológicos.

Entretanto, para além de tentar esclarecer quem eram os primeiros habitantes e as possíveis rotas de acesso, o livro tem por intuito historicizar como a academia constrói e legitima os dados científicos a partir do “escrutínio acadêmico” e como os avanços metodológicos revolucionaram a pesquisa arqueológica.

O autor mostra que, desde o século XIX, questões políticas tentam legitimar a importância do cenário da América do Norte em detrimento dos resultados apresentados por pesquisadores da América do Sul. Dessa forma, é possível atentar para uma competição no que tange à primazia dos sítios arqueológicos mais antigos, numa disputa acirrada dos norte-americanos com os sul-americanos.

É sempre bom lembrar que há quem teça críticas para a corrida desenfreada pela descoberta do sítio “mais antigo da América”, apontando que essas pesquisas acabam enviesando os debates e não tratando do ponto principal da questão: a compreensão dos modos de vida, das relações humanas e ambientais envolvidas na ocupação da América.

Os 22 capítulos que compõem a obra têm como início o cenário brasileiro ainda no século XIX, a partir de Lagoa Santa, com as primeiras descobertas do naturalista dinamarquês Peter Lund (1801-1880) que lançaram a hipótese da antiguidade do povoamento da América por meio de achados em Minas Gerais.

Mas se diferentes pesquisadores elaboraram hipóteses para o povoamento da América ao longo do tempo, foi a partir de 1949 que houve a grande inflexão pela acurácia científica. Naquele ano, foi criado o método de datação por carbono 14, que conferiu maior precisão às pesquisas arqueológicas realizadas no mundo.

A partir dos achados arqueológicos mais antigos datados pelo método do carbono 14, Esteves discute essas descobertas no Velho Mundo que fornecem informações sobre a dispersão huma-

na em direção às Américas. Em seguida, o autor destaca dados das Américas do Norte e do Sul, especialmente do Brasil, como na serra da Capivara (PI) e no sítio Santa Elina (MT), indicando que a chegada dos humanos na América é muito mais antiga do que se pensava anteriormente.

Outros capítulos exploram os desdobramentos interdisciplinares dessa questão, especialmente na área de genética. O autor ressalta a importância do estudo do genoma humano antigo, que forneceu informações cruciais sobre os deslocamentos populacionais, preenchendo lacunas em que o registro arqueológico era escasso.

Com o avanço da pesquisa genética, o método tem sido amplamente utilizado para investigar as migrações que deram origem às populações americanas. O interesse crescente sobre o tema tem envolvido cada vez mais pesquisadores de diferentes formações acadêmicas e, por vezes, resultando em interpretações divergentes. Apesar disso, a interdisciplinaridade vem permitindo parcerias corroborativas e maior aprofundamento no conhecimento científico.

O livro aborda também as questões éticas da pesquisa arqueológica, especialmente em relação aos povos originários. Historicamente associada a contextos coloniais, a arqueologia frequentemente construiu seu conhecimento do passado humano sem consentimento das comunidades envolvidas. O autor demonstra que, no Brasil, embora possa haver dissonâncias específicas, de modo geral as relações entre acadêmicos e comunidades indígenas vêm sendo desenvolvidas no sentido de originar pesquisas mais colaborativas.

*Admirável novo mundo* é um livro denso, que reúne informações científicas bastante relevantes, com linguagem acessível ao grande público. Além disso, traz uma grande contribuição aos arqueólogos pela riqueza de detalhes e histórias que medeiam as grandes pesquisas e debates dos resultados. Esses bastidores não costumam ser conhecidos a partir da leitura de artigos científicos ou por aqueles que não acompanham todas as pesquisas no tema. Seguramente, a obra incitará novas interpretações à luz de outras pesquisas e autores para além dos contemplados em suas páginas.

Cláudia R. Plens é arqueóloga e professora da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).



**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, Anapátria 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, Lillian Amorim, Lillian Sanchez Carrete, Marcio de Castro Silva Filho, Mariana Cabral de Oliveira, Marco Antonio Zago, Maria Julia Manso Alves, Marie-Anne Van Sluys, Marta Arretche, 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**

Neldson 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** Ana Maria Fonseca de Almeida, Anapátria Moraes Vilha, Célio Haddad, Deisy de Souza, Fernando Iazzetta, Francisco Laurindo, Gláucia Mendes Souza, José Roberto Arruda, Luiz Vitor de Souza Filho, Paolo Piccione, Maria de Fátima Morethry Couto, Rafael Oliveira, William Wolf**COLABORADORES** Carolina Schwartz, Cláudia R. Plens, Diego Viana, Domingos Zapparoli, Frances Jones, Gilberto Stam, Giselle Soares, Joana Santa Cruz, Juliana Vaz, Lela Beltrão, Letísia Naisa, Mariana Rodrigues, Mariana Waechter, Mayara Ferrão, Neide Oliveira, Sarah Smidt, Sinésio Pires Ferreira, Renata Fontanetto, Rodrigo Cunha**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** 28.600 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****Árvores gigantes**

Moro e trabalho na África do Sul e acabei de voltar de uma viagem inesquecível ao Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, no Amapá. Agora li a reportagem “O mistério das árvores gigantes da Amazônia” (edição 336), indicada por uma amiga. No entorno das minhas amizades e meus clientes brasileiros, todo mundo agora sabe do Tumucumaque. Antes, poucos sabiam até do Amapá. Escrevi um artigo sobre minhas experiências para o maior jornal de negócios da África do Sul. Esse lugar tem que ser preservado. Se pudesse dedicar o resto da minha vida à preservação da floresta amazônica, deixaria a advocacia amanhã.

**Emile Myburgh**

Parabéns pela pesquisa retratada no vídeo “Expedição ao Tumucumaque”. E um salve aos servidores do ICMBio que trabalham na gestão e na manutenção desse e de outros parques pelo Brasil.

**Joyce Moreira dos Anjos**

Excelente o vídeo sobre a expedição. Parabéns para todos os pesquisadores que aliam os conhecimentos científicos ao saber dos guias. Todos aprendem.

**Fani Adorne****Reforma de 1933**

Com relação à reportagem “Uma nova organização para o ensino paulista” (edição 335), Fernando de Azevedo foi um dos meus inspiradores, o criador do Programa dos Parques Infantis, as atuais Emei.

**Christian de Mello Sznick****Passado racista**

Reconhecer é importante, mas não o suficiente (“Luz nas sombras do passado racista”, edição 336). Que políticas de reparação serão adotadas a partir de agora?

**Joaquim Mendes da Silva****Artigos retratados**

Percebe-se que o autor tem ideias religiosas e não científicas (“Sete artigos de pesquisador muçulmano que confundiam ciência com fé sofrem retratação”, disponível apenas no site). Pesquisa se confundiu com opiniões próprias.

**Toni Correa**

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](mailto:assinaturaspesquisa@fapesp.br)**PARA ANUNCIAR**Contate: Paula Iliadis  
E-mail: [publicidade@fapesp.br](mailto:publicidade@fapesp.br)**EDIÇÕES ANTERIORES**Preço atual de capa acrescido do custo de postagem.  
Peça pelo e-mail: [assinaturasrevista@fapesp.br](mailto:assinaturasrevista@fapesp.br)**LICENCIAMENTO DE CONTEÚDO**Adquira os direitos de reprodução de textos e imagens de *Pesquisa FAPESP*.  
E-mail: [redacao@fapesp.br](mailto:redacao@fapesp.br)**CONTATOS**[revistaspesquisa.fapesp.br](http://revistaspesquisa.fapesp.br)[redacao@fapesp.br](mailto:redacao@fapesp.br)

PesquisaFapesp

PesquisaFapesp

pesquisa\_fapesp

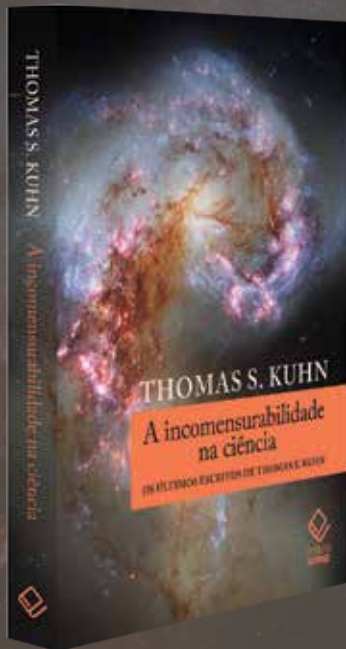
@pesquisa\_fapesp

PesquisaFAPESP

pesquisa.fapesp

[cartas@fapesp.br](mailto:cartas@fapesp.br)  
R. Joaquim Antunes, 727  
10º andar  
CEP 05415-012  
São Paulo, SP

## Os últimos escritos de Thomas S. Kuhn



Os objetivos do filósofo da ciência Thomas S. Kuhn em seus últimos escritos são audaciosos. O autor pretende desenvolver uma teoria que permita dar sentido tanto à possibilidade de compreensão histórica quanto ao caráter inevitável da incomensurabilidade entre a ciência passada e a ciência contemporânea.

**Já disponível nas melhores livrarias**



editora  
**unesp**

[www.editoraunesp.com.br](http://www.editoraunesp.com.br)

## SUA PESQUISA RENDE FOTOS BONITAS?

Seu trabalho poderá ser selecionado e publicado na revista. Requisitos: beleza; estar associado a pesquisa; ter boa resolução (300 DPI)

Mande para  
**IMAGEMPESQUISA**  
**@FAPESP.BR**

**Pesquisa**  
FAPESP



2<sup>a</sup>CONFERÊNCIAS  
**FAPESP 2024**

## HÁ ALGO DE NOVO NO PASSADO: o estado da arte da pesquisa arqueológica na Amazônia

**22 MAR 2024**  
das 10h às 11h30

### Eduardo Neves

Museu de Arqueologia e Etnologia da  
Universidade de São Paulo (MAE-USP)

Mark Thiessen (National Geographic)



Professor titular de Arqueologia Brasileira e diretor do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP), pesquisador 1A do CNPq. Graduado em História pela FFLCH-USP e doutor em Antropologia pela Universidade de Indiana. É coordenador do Laboratório de Arqueologia dos Trópicos do MAE-USP. Foi professor visitante da CAPES Harvard no Departamento de Antropologia da Universidade Harvard, coordenador-adjunto da área de Arqueologia da CAPES e presidente da Sociedade de Arqueologia Brasileira.

MODERAÇÃO

### Maria de Fátima Morethy Couto

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Inscrições e mais  
informações, acesse  
[fapesp.br/conferencias](https://fapesp.br/conferencias)

EVENTO PRESENCIAL

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



# Inscrições abertas para as mentes que criam novos amanhã.

Para cada nova pergunta da humanidade, existe alguém dedicado a encontrar a resposta. Quem sabe esse alguém não é você? O Prêmio CBMM de Ciência e Tecnologia está de volta em sua 6ª edição, reconhecendo trajetórias nas áreas de Ciência e Tecnologia. Uma iniciativa da CBMM, líder mundial na tecnologia do Nióbio, para valorizar aqueles que transformam o nosso amanhã.

Inscreva-se até 19 de abril e acompanhe as etapas da premiação em [premiocbmm.com.br](http://premiocbmm.com.br).

