

Corais-de-fogo únicos  
do Brasil correm  
risco de extinção

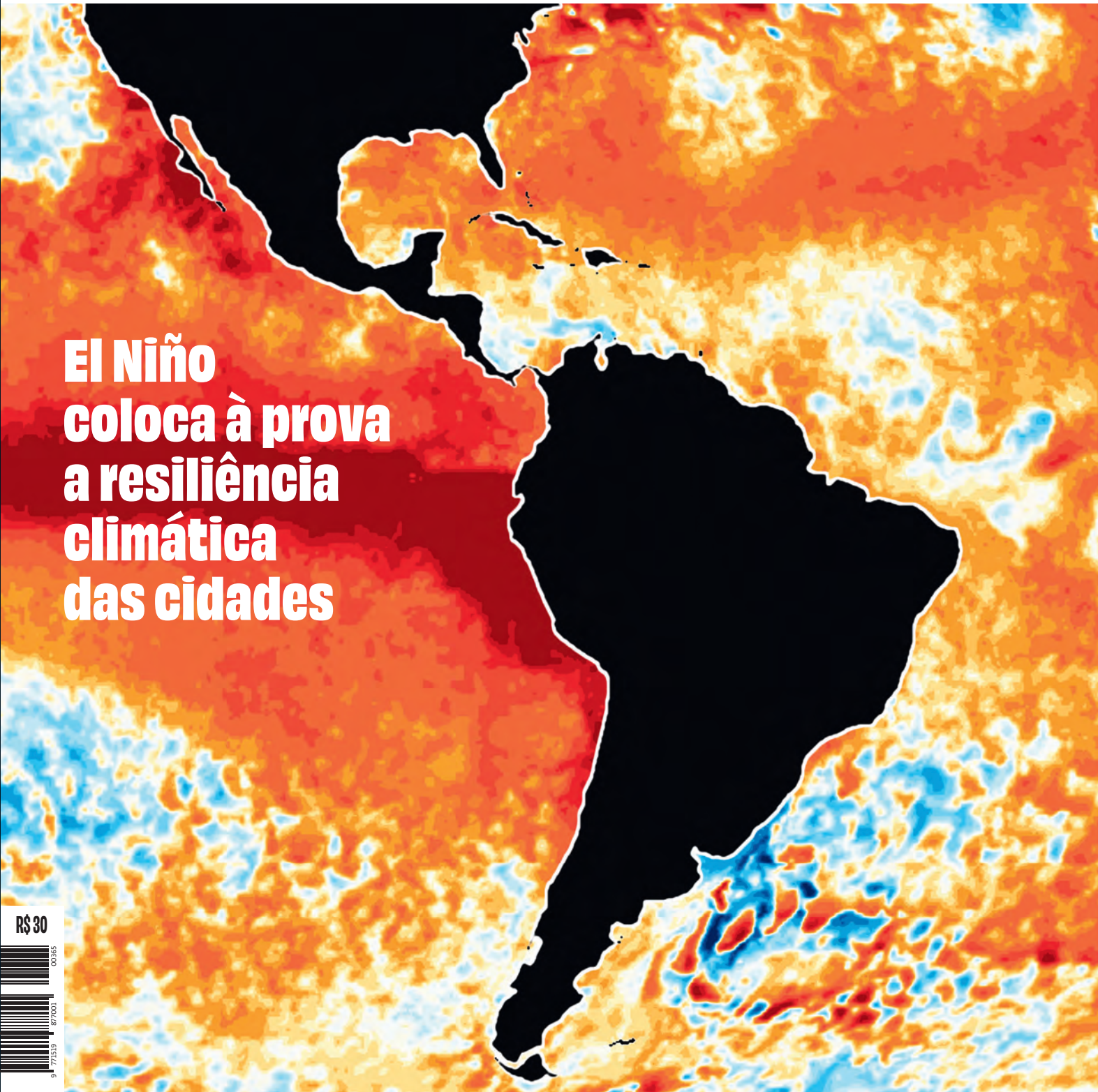
Conheça a criptografia  
que esconde  
dados até da nuvem

Políticas de aluguel  
social podem ampliar  
o acesso à moradia

*Grande sertão:*  
*veredas, 70 anos e*  
*ainda por descobrir*

# pesquisafapesp

Nº 365 SET.2026 ANO 27



**El Niño  
coloca à prova  
a resiliência  
climática  
das cidades**

R\$ 30



00365

9 773539 377001

# ciência de perto

COM ACESSO ABERTO

O MELHOR DO JORNALISMO CIENTÍFICO EM UM CLIQUE



Vista por baixo, a água-viva *Lychnorhiza lucerna* exhibe pontos brancos: agrupamentos de nematocistos, estruturas que capturam e imobilizam presas. Imagem enviada por Fernanda Sandrini e publicada na *Pesquisa FAPESP* nº 358

REPORTAGENS EXCLUSIVAS

IMAGENS IMPRESSIONANTES

NAVEGAÇÃO SIMPLES

EM QUALQUER TELA

ACESSE  
[REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR](http://REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR)

**pesquisa**fapesp



**PRESIDENTE**

Marco Antonio Zago

**VICE-PRESIDENTE**

Carmino Antonio de Souza

**CONSELHO SUPERIOR**

Carlos Gilberto Carlotti Junior,  
Felipe Ferreira Guimarães Figueiredo,  
Franklin Shunjiro Nishimura,  
Herman Jacobus Cornelis Voorwald,  
Lucia Helena Mascaro Sales, Marcílio Alves,  
Maria Arminda do Nascimento Arruda,  
Pedro Wongtschowski e Thelma Krug

**CONSELHO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO**  
**Diretor-presidente**

Carlos Frederico de Oliveira Graeff

**Diretor científico**

Marcio de Castro Silva Filho

**Diretor administrativo**

Antonio José de Almeida Meirelles

**GERENTE DE COMUNICAÇÃO**

Herton Escobar

**GERENTE ADJUNTA DE COMUNICAÇÃO**

Karina Toledo

---

**pesquisafapesp**

ISSN 1519-8774

**COORDENADOR CIENTÍFICO**

Luiz Roberto Giorgetti de Britto

**DIRETOR DE REDAÇÃO**

Gabriel Alves

**EDITORA-CHEFE**

Ana Paula Moraes

**EDITORES**

Reinaldo José Lopes e Tiago Jokura

**SITE E REDES SOCIAIS**

Jayne Oliveira, Kêzia Stringhini, Renata  
Oliveira do Prado, Vitória do Couto,  
Noêmia Lopes e Heitor Shimizu

**DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMAS**

Metricaz

**REVISÃO**

Paulo Kaiser

**ADMINISTRATIVO**

Taysa Manzi e João Pedro Cardoso

**CENTRO DE MEMÓRIA**

Fabiana Pereira, Thiago  
Montanari e Vitoria Veloso

**ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO**

João Carlos da Silva (jsilva@fapesp.br) e  
Heloisa Reinert (hreinert@fapesp.br)

**PROJETO EDITORIAL**

FAPESP e Lajor-Unicamp  
Sabine Righetti (pesquisadora responsável)

**PROJETO GRÁFICO**

Estúdio Thema (@thema.estudio)

**EDIÇÃO DE ARTE E DIAGRAMAÇÃO**

Fernanda Giulietti, Marcio Freitas  
e Thea Severino

**EDIÇÃO DE FOTOGRAFIA**

Mônica Maia

**GESTÃO ADMINISTRATIVA**

Funep - Fundação de Apoio  
a Pesquisa, Ensino e Extensão  
Patrícia Rocha e Thaís Marques

---

**Tiragem**

14.200 exemplares

**Impressão**

São Francisco Gráfica e Editora

**Distribuição**

Funep - Fundação de Apoio a Pesquisa,  
Ensino e Extensão e RAC Mídia Editora

Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação

**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

---

**ASSINATURAS**

revistapesquisa.fapesp.br/assinatura  
assinaturapesquisa@fapesp.br  
WhatsApp: +55 16 99760-0535

**CONTATO DA REDAÇÃO**

redacao@fapesp.br

**ANÚNCIOS E LICENCIAMENTO DE CONTEÚDO**

publicidade@fapesp.br

**FAPESP**

Rua Pio XI, 1.500, CEP 05468-901,  
Alto da Lapa, São Paulo-SP  
+55 11 3838 4000

 PesquisaFapesp pesquisa\_fapesp pesquisa\_fapesp PesquisaFapesp PesquisaFapesp @pesquisa\_fapesp pesquisafapesp

# Cartas

Sua opinião é bem-vinda.

As mensagens poderão ser resumidas  
por motivo de espaço e clareza.→ [cartas@fapesp.br](mailto:cartas@fapesp.br)**Prêmio José Reis**

Parabéns pelo prêmio da  
revista. É o melhor conteúdo  
científico da área, sem sombra  
de dúvida. Mais que merecido!

Ana Dorneles, Jornalista

Parabéns. Prêmio merecidíssimo.

Aracy Balbani, @aracypsbalb @

**Mudanças**

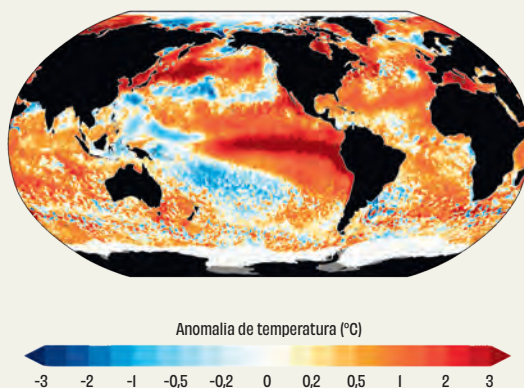
Com seriedade, consistência  
e elevado compromisso com a  
qualidade da informação, a revista  
tem oferecido ao público conteúdos  
confiáveis, claros e acessíveis  
sobre temas fundamentais para  
a sociedade, a política científica,  
o setor produtivo, a educação  
e a pesquisa. *Pesquisa FAPESP*  
consolidou-se como um dos mais  
importantes veículos de divulgação  
e valorização da ciência brasileira,  
contribuindo de forma decisiva  
para aproximar o conhecimento  
científico da sociedade e evidenciar  
o papel estratégico da pesquisa  
para o desenvolvimento do país.  
Hélio Anderson Duarte, professor da UFMG

Acompanho o trabalho de vocês  
há muitos anos. Podcast, vídeos  
e a própria revista. Pelo visto, as  
mudanças serão grandes. Espero  
que a qualidade se mantenha  
e fica meu agradecimento  
à equipe que tornou esse  
trabalho até aqui possível!

Jomar Fagundes, @prof.jomar @

A revista impressa é maravilhosa.  
Não pode acabar!

Conrado Dess, @conradodess @



## CAPA

Vermelho é oceano mais quente que o normal; azul, mais frio, em comparação com a média de temperatura de 1991 a 2020. Essa imagem, de 25 de agosto de 2026, revela o aquecimento de uma faixa contínua sobre o Pacífico equatorial, indicando que o El Niño deste ano pode ser o mais forte já registrado desde o início das medições, em 1950.

C3S/ECMWF, reanálise ERA5;  
imagem ampliada digitalmente

# Sumário

## 6 NOTAS

Do sono dos astronautas da Artemis II à levedura nacional que quer baratear a cerveja

## 10 RECONHECIMENTO

A revista recebe o Prêmio José Reis, o principal reconhecimento da divulgação científica no país  
[Elton Alisson, da Agência FAPESP]

## 12 CAPA

Próximo El Niño deve ser classificado como "muito forte", e as cidades não estão prontas  
[Carolina Dantas]

## 22 ENTREVISTA

Denise Duarte explica como estrutura das cidades determina quem mais sofre com as altas temperaturas  
[Ricardo Balthazar]

## 30 OCEANO

Após branqueamento, espécies de coral-de-fogo que só existem no Brasil caminham para a extinção  
[Christiane Cardoso]

## 40 BELO MONTE

Pouca água no rio Xingu e mudanças climáticas tendem a agravar crise no entorno da usina  
[Herton Escobar]

## 50 ALUGUEL SOCIAL

Depois de décadas priorizando a casa própria, a política habitacional passa a olhar para a modalidade  
[Ana Beatriz Garcia]

## 54 QUEDA DE IDOSOS

Plataforma simula desequilíbrios e mede como corpo e cérebro reagem antes de acidentes  
[Fernanda Bassette]

## 60 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A tecnologia multiplica artigos e citações, mas reduz a diversidade de temas e afasta cientistas jovens  
[Tiago Jokura]

## 66 ROCHA E TECNOLOGIA

Talco em pedra-sabão (a matéria-prima de Aleijadinho) esconde substrato para dispositivos eletrônicos  
[Mariella Bodemeier L. Careaga]

## 72 CRIPTOGRAFIA

Modalidade promete servidores que devolvem a resposta certa sem saber qual era a pergunta  
[Bruno Vaiano]

## 78 GRANDE SERTÃO

Setenta anos após lançamento do romance, arquivo de Guimarães Rosa ainda revela material inédito  
[Claudia Izique]

## 84 RELACIONAMENTOS

Pesquisas mostram como o racismo organiza o mercado afetivo e exclui mulheres negras  
[Neide Oliveira]

## 88 MEMÓRIA

Elza Berquó fez a demografia brasileira olhar para fecundidade, sexualidade e desigualdade racial  
[José Tadeu Arantes, da Agência FAPESP]

## 92 GENTE DA PESQUISA

José Goldemberg é homenageado no Jabuti Acadêmico. Veja outros destaques, além de eventos e livros  
[Marcelo Soares]

## 94 BOAS PRÁTICAS

Da revista de fachada à venda de autoria, o mercado que se alimenta da corrida por publicar  
[Theo Ruprecht]

## 96 DADOS

Em ranking, três universidades chinesas estão entre as melhores do mundo. Brasil não avança  
[Sabine Righetti]

## 98 FOTOLAB

Anatomia das abelhas-sem-ferrão, das que voam hoje àquelas aprisionadas em âmbar há 18 milhões de anos

# Editorial

## O menino cresceu

**Gabriel Alves**

Diretor de Redação

Não bastassem os desafios sociais e econômicos, as provações climáticas também não dão nem darão descanso às atuais e às próximas gerações. Entre elas, poucas são tão familiares e presentes quanto El Niño, nome dado por pescadores do norte do Peru, em alusão ao Menino Jesus, à quente corrente oceânica que aparecia no Pacífico logo depois do Natal. O apelido chegou à ciência em 1892, num relato do capitão de navio Camilo Carrillo à Sociedade Geográfica de Lima (Peru). Esse conhecimento poderia estar apenas em uma nota mirrada num livro de geografia, mas o fenômeno só cresce em relevância e impacto — e cá estamos.

Já vimos secas históricas na Amazônia, com a água do lago Tefé chegando a quase 40 °C (e matando peixes e botos aos montes), e enchentes devastadoras no Sul (em que o “pequeno” foi um coadjuvante de peso). Essas cenas escancaram o quanto nossas cidades estão despreparadas para conviver com ele. E “conviver” realmente é a palavra a ser incorporada à nossa rotina.

Adaptar-se ao que já está aí é o caminho, ao mesmo tempo que se trabalha para frear emissões de gases do efeito estufa. A reportagem de capa desta edição (p. 12) discute esse tema e outras nuances, como a busca por maneiras de tornar a cidade mais segura. O infográfico que acompanha a matéria dissecou o mecanismo do fenômeno, seus efeitos globais e a série histórica das últimas décadas.

Na sequência, em entrevista a Ricardo Balthazar, a arquiteta Denise Duarte, da FAU-USP, demonstra como o risco climático é o retrato da desigualdade

e enumera os absurdos que se acumulam: pontos de ônibus cobertos de vidro, sem sombra; torres comerciais que precisam ser evacuadas se falta energia, porque a fachada é toda envidraçada e as janelas, seladas; apartamentos novos projetados como caixas de vidro, com varanda falsa e área reservada para a condensadora do ar-condicionado. “Nunca vi plantas tão ruins como agora”, diz ela (p. 22).

Da insegurança climática à habitacional: reportagem sobre aluguel social (p. 50) mostra que a política existe em São Paulo desde 2002, tem bons índices de acesso e permanência, mas ainda não ganhou escala. Há ainda a insegurança dos dados: reportagem sobre a criptografia totalmente homomórfica (p. 72) acompanha a corrida para que um servidor processe informações cifradas sem enxergá-las, algo já possível na prática, embora ainda muito mais lento que o processamento comum.

A edição 365 marca o início de uma nova etapa de *Pesquisa FAPESP*, que renova os projetos editorial e gráfico e traz mudanças no conteúdo. A revista quer falar com mais gente sem abrir mão do rigor que a sustenta há 27 anos. Reestreiam as seções Boas Práticas (p. 94), por Theo Ruprecht, sobre malfeitos científicos, e Dados (p. 96), por Sabine Righetti, sobre os indicadores da ciência nacional e internacional. A coluna Gente da Pesquisa (p. 92), de Marcelo Soares, é mais uma forma de a revista se conectar ao mundo acadêmico-científico e seus atores.

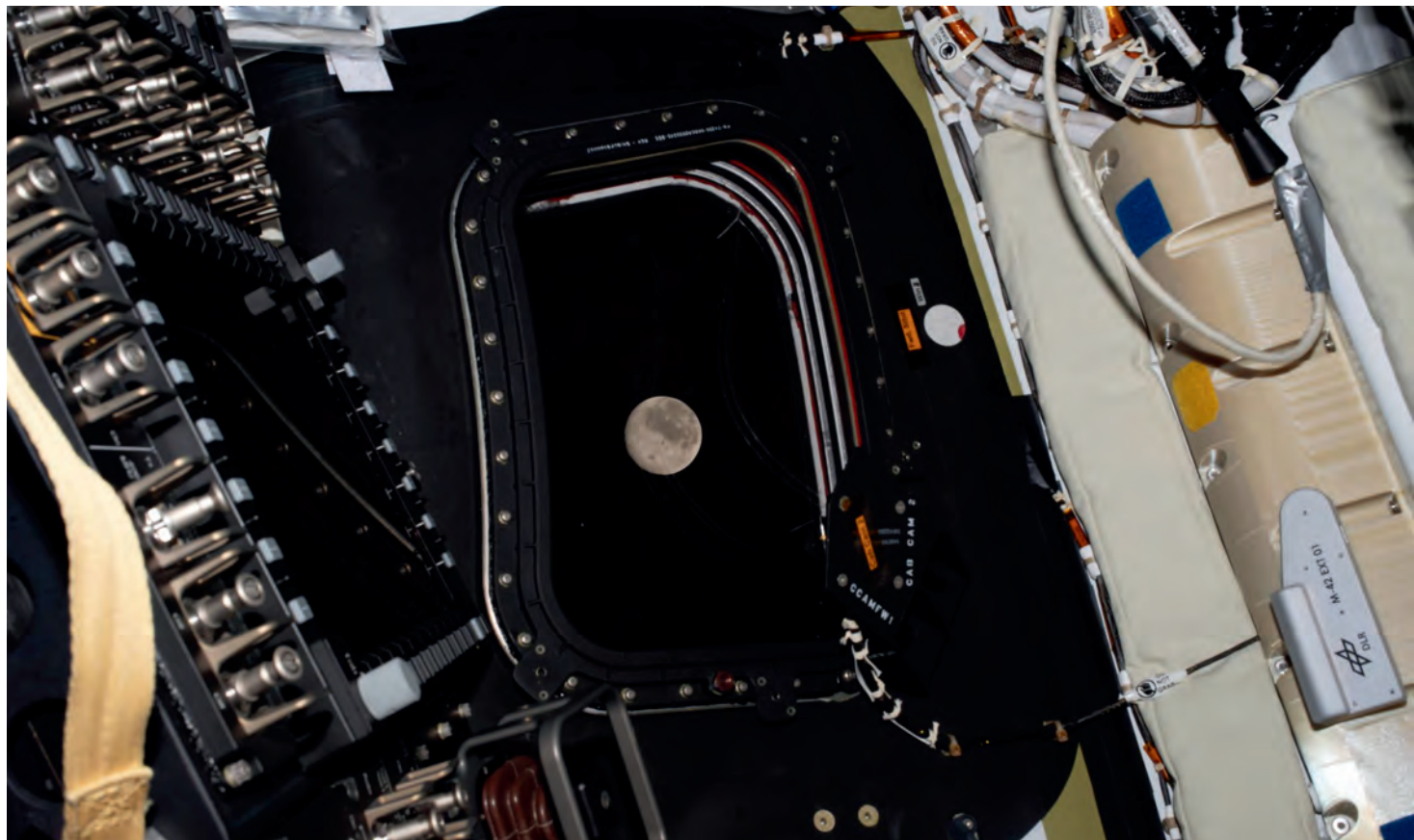
Fechamos a edição com uma homenagem a Elza Berquó, morta em julho, aos 100 anos (p. 88). Matemática de formação e demógrafa por vocação, ela institucionalizou os estudos populacionais no Brasil, fundou o Cebap em 1969 e o Nepo na Unicamp, em 1982, e passou a carreira cobrando que se produzissem não somente dados brutos, mas dados pensados. Costumava dizer que por trás de cada tabela há pessoas. ●

# Notas

Por Agência FAPESP e Boletim Pesquisa para Inovação

→ [agencia.fapesp.br](http://agencia.fapesp.br)

→ [pesquisaparinovacao.fapesp.br](http://pesquisaparinovacao.fapesp.br)



Antes de dormir no 5º dia de voo, a tripulação da Artemis II fotografou a Lua pela janela da espaçonave *Orion*, prestes a entrar em sua órbita Nasa

## Smartwatch brasileiro monitorou os astronautas da missão espacial Artemis II, da Nasa

Uma tecnologia nacional, apoiada pelo PIPE-FAPESP, foi embarcada na missão espacial mais recente da agência espacial dos EUA (Nasa) — e vestida pelos astronautas a todo tempo. Trata-se do actígrafo ActLumus, dispositivo semelhante a um relógio de pulso, que agrega sensores capazes de monitorar padrões de sono, atividade física, exposição à luz, temperatura da pele e interações entre os tripulantes que sobrevoaram a Lua por dez dias em abril. Em depoimento ao boletim

*Pesquisa para Inovação*, o engenheiro mecânico Rodrigo Trevisan Okamoto, responsável pelo projeto na startup Condor Instruments, revelou um bastidor curioso: “O comunicado da Nasa nos pegou de surpresa. E só após a conclusão da missão sabemos que os astronautas já utilizavam o equipamento em testes nos últimos dois anos”. A meta é manter a parceria com a Nasa para as próximas etapas da campanha Artemis, incluindo o pouso no polo sul da Lua, previsto para 2028.



Helen Arase Vargas/Nasa



## Contaminação revela arquitetura viral inédita

Partículas em forma de rosquinha insistiam em contaminar amostras num laboratório da Universidade de São Paulo (USP). Em vez de descartar o ruído experimental, a equipe foi atrás dele e encontrou uma cápsula proteica de arquitetura desconhecida, capa da edição de agosto da *Structure*. A criomicroscopia eletrônica mostrou 36 cópias de uma única proteína viral formando uma esfera oca de cerca de 19 nanômetros, feita de dois hemisférios, que se entrelaçam numa costura contínua, como um zíper. Simulações sugerem que ela possa se abrir para receber carga e fechar de novo, o que a aproximaria das partículas usadas em vacinas.

## Proteína “desligada” em laboratório tem potencial de desativar o mecanismo de progressão do câncer

Cientistas da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) encontraram uma possível forma de frear a metástase, o principal mecanismo de progressão do câncer. Funciona mais ou menos assim: enquanto células normais morrem quando se desprendem do tecido, as células tumorais mais agressivas driblam essa auto-destruição, sobrevivendo soltas na corrente sanguínea e colonizando outros órgãos. Em experimentos com células de vasos sanguíneos de coelhos, a equipe descobriu que a proteína sindecam-4 (SDC4) é a responsável por essa blindagem celular: ao silenciá-la por engenharia genética, as células perderam as características malignas e voltaram ao estado normal. “Essa reversão aumentou significativamente a morte programada e reduziu a capacidade invasiva das células”, afirma Carla Cristina Lopes, professora da Unifesp e autora do estudo publicado em março na revista *Cytotechnology*. O grupo agora investiga se o canabidiol pode modular a SDC4 — e os resultados ainda precisam ser confirmados em células humanas.

## Aditivo comum em ultraprocessados inflama o intestino de ratos

Presente em sorvetes, iogurtes, molhos e massas sem glúten, a goma xantana provocou inflamação intestinal moderada em ratos ao longo de dez semanas. O estudo saiu em abril na *PLOS One*, coordenado por Claudia Oller, da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), com apoio da FAPESP. Quatro grupos receberam doses que simulavam desde o consumo de quem faz dieta sem glúten até o de pacientes com disfagia, que dependem do espessante em todos os líquidos. Em todos, houve infiltração de linfócitos na parede intestinal e aumento de citocinas inflamatórias.

## 49,5% dos pacientes com hipotireoidismo também sofrem de apneia do sono

Quem tem hipotireoidismo respira — e dorme — pior durante a noite. Estudo da Unifesp, publicado em maio na revista *Sleep*, analisou exames de 761 moradores da capital paulista, participantes do Estudo Epidemiológico do Sono de São Paulo (Episono), e encontrou apneia obstrutiva do sono em quase metade (49,5%) dos que tinham a disfunção da tireoide — bem acima dos 30 a 40% relatados na literatura científica.

“O resultado foi mais elevado do que imaginávamos”, conta Ellen Maria Sampaio Xerfan, primeira autora do trabalho. Os dados sugerem uma via de mão dupla: quanto pior o sono, maior a chance de hipotireoidismo, e vice-versa. A boa notícia é que a reposição hormonal parece ajudar — pacientes tratados dormiam, em média, 49 minutos a mais por noite e passavam 22 minutos adicionais em sono profundo. “A principal mensagem é que profissionais que acompanham pacientes com apneia do sono devem considerar a investigação da função tireoidiana. Da mesma forma, pessoas com hipotireoidismo podem se beneficiar da avaliação de possíveis distúrbios de sono. O diagnóstico precoce e o tratamento adequado das duas condições têm potencial para melhorar a qualidade de vida e reduzir riscos à saúde”, avalia Xerfan.

## Para conferir a fauna daqui, é preciso viajar para lá

Toda espécie nova precisa de um holótipo, o exemplar único que fica depositado numa coleção e serve de referência definitiva. É a ele que se recorre sempre que houver dúvida sobre a identidade do grupo. Das 1.116 espécies de mamíferos descritas no mundo entre 1990 e 2025, 95% são nativas do Sul Global — mas 60% dos holótipos estão na Europa e na América do Norte. Para checar se um animal capturado no Brasil pertence mesmo a uma espécie brasileira, muitas vezes é preciso atravessar o Atlântico.

O caminho inverso é raro. Entre as espécies nativas do Norte, só 22% têm holótipo fora do país de origem. “O problema do neocolonialismo científico é mais acentuado nos mamíferos do que em outros grupos de animais”, avalia Mario Moura, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), egresso do Programa Jovens Pesquisadores da FAPESP e um dos autores do levantamento, publicado na *NPJ Biodiversity*.

O Brasil é exceção: descreveu 133 espécies, mais do que qualquer outro país, e reteve mais de 80% dos holótipos. Madagascar descreveu 90 e ficou com 14. Os Estados Unidos descreveram 324, das quais apenas cinco eram nativas.

## Fármacos já aprovados para outras doenças melhoram a recuperação de nervos lesionados

Reconectar um nervo rompido não basta. É preciso controlar a inflamação e proteger os neurônios enquanto a fibra se refaz, mostram dois estudos do Laboratório de Regeneração Nervosa da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), com o apoio da FAPESP, que recorreram a medicamentos já no mercado.

No primeiro, publicado em junho na *IBRO Neuroscience Reports*, camundongos com lesão na raiz nervosa receberam duas combinações. Uma reunia o antioxidante TEMPOL e o dimetilfumarato, usado na esclerose múltipla, e a outra, o acamprosato, do tratamento do alcoolismo, e

a ribavirina, da hepatite C. As duas contiveram a inflamação e melhoraram a sobrevivência dos neurônios motores.

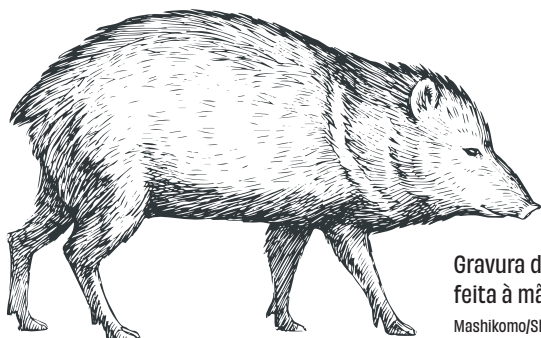
O segundo estudo, capa da *ACS Chemical Neuroscience* de abril, testou em ratos com o nervo ciático seccionado a fusão das fibras com polietileno-glicol somada ao TEMPOL. A recuperação superou a da cirurgia convencional, com menos degeneração Walleriana, o processo pelo qual o trecho de nervo separado do corpo celular se desfaz após a lesão. Tido como inevitável, esse desmanche caiu cerca de 50%, diz Alexandre Leite Rodrigues de Oliveira, autor dos dois artigos.

## “Novelo” de fibra de carbono nacional promete tanques de hidrogênio até 70% mais leves que os de aço

Parece fita isolante enrolada como se fosse um novelo de lã, mas é um dos materiais mais cobiçados pelas indústrias aeroespacial e automotiva: o towpreg, feixe de fibras de carbono ou vidro impregnado com resina que, após aquecido, endurece e forma estruturas

tão resistentes quanto o aço — com uma fração do peso. Hoje, todo o towpreg usado no Brasil é importado e precisa viajar a -18 °C. Se ficar retido na alfândega sem refrigeração, por exemplo, lotes inteiros podem ser perdidos. A Forza Composites, startup incubada no Parque

Tecnológico de São José dos Campos (SP) e apoiada pelo PIPE-FAPESP, quer mudar isso: ela desenvolve protótipos de um towpreg nacional para fabricar cilindros de armazenamento de hidrogênio e biometano até 70% mais leves que os de aço, com custo até 40% menor graças à produção local. “Sem a produção interna, o produto importado se torna caro demais para competir”, diz a química Michelle Leali Costa, coordenadora do projeto, que já desperta o interesse da Marinha e de fabricantes de drone movidos a hidrogênio.



Gravura de cateto,  
feita à mão  
Mashikomo/Shutterstock

## "Os grandes herbívoros têm importância primordial para as florestas"

**Mauro Galetti**, da Unesp, sobre o papel dos grandes mamíferos como engenheiros de ecossistemas, por alterar a química do solo e aumentar a fertilidade da Mata Atlântica. Antas, queixadas, catetos e veados alteram a química da serrapilheira e do solo da Mata Atlântica apenas com o pisoteio, elevando a disponibilidade de nutrientes. São esses os animais mais visados pela caça, observa o pesquisador.

## Levedura feita no Brasil pode baratear a cerveja artesanal em até

# 30%

Invisível no copo, a levedura é a alquimista da cerveja: transforma os açúcares do mosto em álcool e gás carbônico e define aroma e sabor da bebida. Mas, embora o Brasil seja o terceiro maior mercado cervejeiro do mundo, com mais de 15 bilhões de litros produzidos por ano, praticamente toda a levedura seca usada por aqui é importada da

Alemanha, da Bélgica e dos Estados Unidos. A Biosab, startup de Ribeirão Preto (SP) apoiada pelo PIPE-FAPESP, está desenvolvendo um método nacional de propagação e secagem do microrganismo para oferecer um produto até 30% mais barato que o dos concorrentes, protegendo as pequenas cervejarias das oscilações do câmbio. O protótipo está pronto e prestes a ser testado em parceria com uma cervejaria de médio porte. "Queremos finalizar o desenvolvimento e, se possível, começar a vender até o fim do ano ou no primeiro semestre do ano que vem", afirma a bióloga Paula Gouvêa Bizzi, cofundadora da empresa, que confessa uma vantagem extra do trabalho: provar o resultado.



## "A obesidade abdominal reduz a vitamina D circulante, prejudicando o sistema imunológico e elevando drasticamente o risco de mortalidade"

**Tiago Silva Alexandre**, da UFSCar, comentando um estudo com mais de 5,5 mil pessoas que indica que monitorar os níveis do hormônio e controlar o peso pode evitar mortes prematuras.

## "A presença de macacos grandes, como o muriqui, já espanta os bugios, que preferem fugir a enfrentá-los"

**Erika Alejandra Chaves-Díaz**, cujo mestrado, na UFMG e na Unesp, monitorou, de maneira inédita, o comportamento do bugio, espécie vulnerável à extinção, em área contínua de Mata Atlântica.

## "Nunca houve antes um trabalho tomando toda a dimensão da Mata Atlântica, do Nordeste ao Sul do país"

**Luís Felipe Daibes**, em pós-doutorado na Unesp, sobre uma pesquisa em 52 áreas do bioma que mostra que a dispersão natural de novas plantas é impulsionada pela quantidade de floresta no entorno e pelo regime de chuvas.

## "Queremos, por meio de dispositivos vestíveis, enxergar sinais invisíveis de doenças muito antes que os sintomas se tornem evidentes"

**Anderson Rocha**, da Unicamp, sobre o uso de relógios e anéis inteligentes para a detecção precoce de doenças, como Parkinson e AVC.

# Revista *Pesquisa FAPESP* recebe o Prêmio José Reis de Divulgação Científica

A distinção mais importante do jornalismo científico brasileiro foi entregue durante a 78ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, em Niterói

\* Por **Elton Alisson**, da Agência FAPESP

*Pesquisa FAPESP* recebeu, no fim de julho, o 46º Prêmio José Reis de Divulgação Científica e Tecnológica, na categoria Instituição e Veículo de Comunicação. A cerimônia de entrega ocorreu durante a 78ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), no campus Gragoatá, da Universidade Federal Fluminense (UFF), em Niterói (RJ).

O jornalista Bernardo Esteves, repórter da revista *piauí* e autor do livro *Admirável novo mundo*, foi o vencedor na categoria Jornalista em Ciência e Tecnologia.

“Os dois premiados nessa edição ajudam a dar legitimidade política e social para o Prêmio José Reis. A revista *Pesquisa FAPESP* criou um patamar de qualidade para a comunicação científica no Brasil”, avaliou Olival Freire Jr., presidente do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em seu discurso.

O dirigente destacou que a divulgação científica é crucial em um mundo em que o financiamento da ciência depende da sociedade — lembrando

que a maior parte do conhecimento é produzida em instituições públicas, com recursos públicos, não só no Brasil como no mundo. “A popularização da ciência é parte do empreendimento da promoção da ciência. É preciso que ela faça parte da cultura brasileira”, afirmou Freire Jr.

Promovido pelo CNPq desde 1978, o Prêmio José Reis é o mais importante reconhecimento do jornalismo científico brasileiro. A distinção consiste em diploma, medalha e, para o jornalista, R\$ 20 mil.

Em 2000, a FAPESP foi premiada na categoria Instituição e, em 2020, o então editor especial da revista *Pesquisa FAPESP* Carlos Henrique Fioravanti ganhou na categoria Jornalista.

“O Prêmio José Reis, que historicamente já era importante, ganha maior relevância no contexto de recrudescimento do ambiente obscurantista no Brasil e no mundo. E o obscurantismo é primo-irmão do autoritarismo. Em momentos como o que estamos vivendo, é preciso combatê-lo. E nada é mais desafiador do que afirmar o óbvio, as evidências

científicas, para explicar fenômenos naturais, além dos econômicos e sociais que nos cercam”, disse a ministra da Ciência, Tecnologia e Inovação, Luciana Santos, na abertura da cerimônia.

Também foram anunciadas no evento duas menções honrosas do Prêmio José Reis, à jornalista Giovana Girardi, na categoria Jornalista, e ao Instituto Serrapilheira, na categoria Instituição e Veículo de Comunicação.

## Continuidade do legado

A revista *Pesquisa FAPESP* é publicada e financiada integralmente pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) desde 1999, como parte de seu compromisso com a difusão e popularização da ciência.

A história da publicação começa em agosto de 1995, com o lançamento do boletim mensal *Notícias FAPESP*, que quatro anos mais tarde daria origem à revista. Desde a sua primeira edição, em outubro de 1999, *Pesquisa FAPESP* consolidou-se como um veículo nacional especializado em



Olival Freire Jr., presidente do CNPq; Herton Escobar, gerente de comunicação da FAPESP; e Luciana Santos, ministra da Ciência, Tecnologia e Inovação

Para receber a newsletter de *Pesquisa FAPESP*, cadastre-se aqui



FAPESP está passando por um processo de transição que se insere em um esforço maior de modernização e integração de todas as plataformas de comunicação da FAPESP, incluindo a Agência FAPESP e o boletim *Pesquisa para Inovação*. Ele reafirmou o compromisso da instituição em honrar o legado da revista e dar-lhe continuidade.

O diretor de redação, Gabriel Alves, sublinhou que a publicação continuará sendo guiada pelos mesmos princípios e pelo mesmo compromisso assumido pela Fundação desde o lançamento, quase três décadas atrás: fazer com que a ciência chegue à sociedade que a financia e seja apropriada por ela.

“A revista está se transformando, assim como o jornalismo, a ciência e a maneira como as pessoas consomem informação. Vamos investir em novos formatos e buscar novos públicos, mas sem abrir mão do que trouxe a publicação até aqui: apuração rigorosa, explicação honesta e respeito pela inteligência e capacidade cognitiva do leitor”, disse.

O novo projeto editorial está sendo desenvolvido e implementado em colaboração com o Laboratório de Estudos Avançados em Jornalismo (Labjor), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Todo o conteúdo da revista pode ser acessado gratuitamente pelo site e pelas redes sociais de *Pesquisa FAPESP*. ●



O evento reuniu ex-ganhadores do prêmio, como Sabine Righetti e Ildeu de Castro Moreira (o quarto da esquerda para a direita). Também estiveram presentes Bernardo Esteves (o segundo da esquerda para a direita), atual vencedor na categoria Jornalista em Ciência e Tecnologia, Herton Escobar (ao centro), e Gabriel Alves, diretor de redação de *Pesquisa FAPESP* Fotos Açucena Sande/Divulgação

dar visibilidade ao impacto social, intelectual e econômico da ciência feita no Brasil, em todas as áreas do conhecimento.

“Estou muito honrado em receber esse prêmio, representando institucionalmente a FAPESP, e, muito humildemente, também todos os

colegas jornalistas que trabalharam ao longo desses últimos 27 anos para construir essa revista, que é um patrimônio da divulgação científica no Brasil”, disse Herton Escobar, gerente de comunicação da FAPESP, em seu discurso de agradecimento.

O gestor explicou que *Pesquisa*

# Ameaça de um 'super El Niño' desafia cidades brasileiras a se preparar para eventos extremos

A CHEGADA DO FENÔMENO E SUA INTENSIFICAÇÃO PELO AQUECIMENTO DO PLANETA PODERÃO PRODUZIR SECAS E CHUVAS INTENSAS EM DIVERSAS REGIÕES DO PAÍS. PROJETO APOIADO PELA FAPESP MAPEIA OS TERRITÓRIOS PARA ORIENTAR GESTORES NESSA ADAPTAÇÃO DOS AMBIENTES URBANOS

\* Por **Carolina Dantas**  
\* Infografia **Glauco Lara**



Ruas cobertas pela água em Canoas,  
no Rio Grande do Sul, durante as  
enchentes de maio de 2024

Amanda Perobelli/Reuters

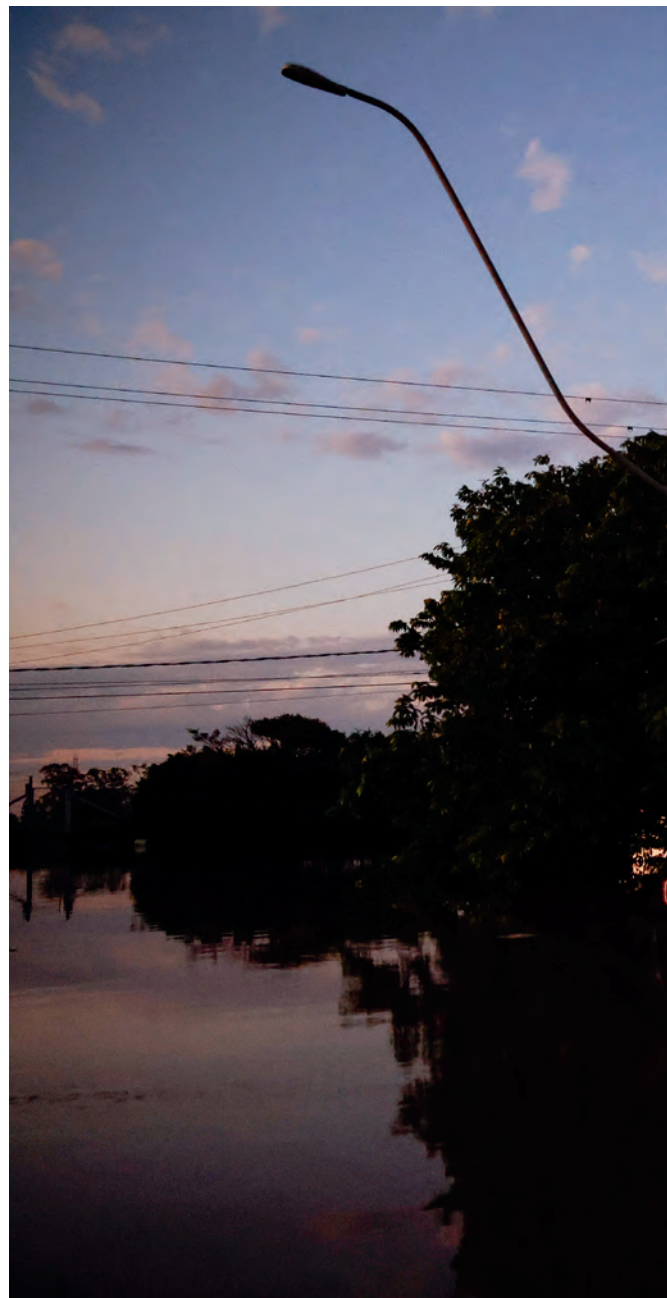
Milhares de quilômetros a oeste do Peru e a leste da Indonésia, no coração azul do oceano Pacífico equatorial, um aumento pequeno, porém persistente, da temperatura da água está colocando o planeta inteiro em alerta. Cientistas preveem que, até o fim deste ano, o deslocamento dessa massa de água aquecida na direção da América do Sul poderá desencadear o mais intenso evento de El Niño já registrado pela ciência moderna, com consequências potencialmente gravíssimas para diversas regiões do mundo, incluindo o Brasil.

O primeiro alerta veio no início de junho, quando a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (Noaa, sigla em inglês) anunciou que um El Niño havia se formado. Isso acontece quando a temperatura da água na faixa equatorial do oceano Pacífico permanece pelo menos  $0,5^{\circ}\text{C}$  acima da média por vários meses consecutivos, acompanhada de mudanças no padrão de circulação dos ventos alísios, que normalmente empurram essa água quente na direção da Austrália e do Sudeste Asiático.

Desde então, a situação só piorou. Em julho, a anomalia térmica já havia ultrapassado  $2^{\circ}\text{C}$  em grande parte da região leste do Pacífico, que banha a América do Sul. Em 13 de agosto, a Noaa anunciou que havia 90% de probabilidade de esse El Niño se tornar “muito forte”, com um aumento persistente acima de  $2^{\circ}\text{C}$  na temperatura média da água nessa região, e 69% de probabilidade de ele se tornar o El Niño mais forte já registrado desde 1950, com um aquecimento próximo de  $3^{\circ}\text{C}$ .

Segundo o programa de monitoramento climático Copernicus, da União Europeia, a temperatura média do oceano como um todo em julho deste ano ( $20,96^{\circ}\text{C}$ ) foi a maior registrada nas últimas cinco décadas, e muitos pesquisadores já preveem que 2026 e 2027 poderão ser os anos mais quentes da história moderna — em grande parte, por causa desse “super El Niño” que está se configurando. Tudo isso, agravado pelo aquecimento global e pelas mudanças climáticas globais já em curso.

“A classificação do El Niño varia entre fraco, moderado, forte e muito forte”, explica o climatologista José Marengo, coordenador-geral de Pesquisa e Desenvolvimento do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), em São José dos Campos (SP). “Agora, além do aquecimento do Pacífico, temos como pano de fundo o aquecimento global. Ou seja, a soma dos dois processos. É



por isso que surgem termos como ‘super El Niño’, embora eles não façam parte da classificação científica.” Num planeta mais aquecido, a atmosfera armazena mais umidade e, quando isso acontece, é como se estivessem colocando mais “gasolina no fogo”, compara Marengo.

Ninguém pode alegar que foi pego de surpresa. O El Niño é um fenômeno natural bem conhecido e bem monitorado, que costuma se repetir em ciclos de dois a sete



Uma placa de "pare" e o topo de uma casa emergem da água em Canoas, em 5 de maio de 2024. As duas imagens integram a série "Brazil's Worst-Ever Floods", premiada no World Press Photo 2025. O júri destacou o registro de um dos maiores desastres climáticos da história do país

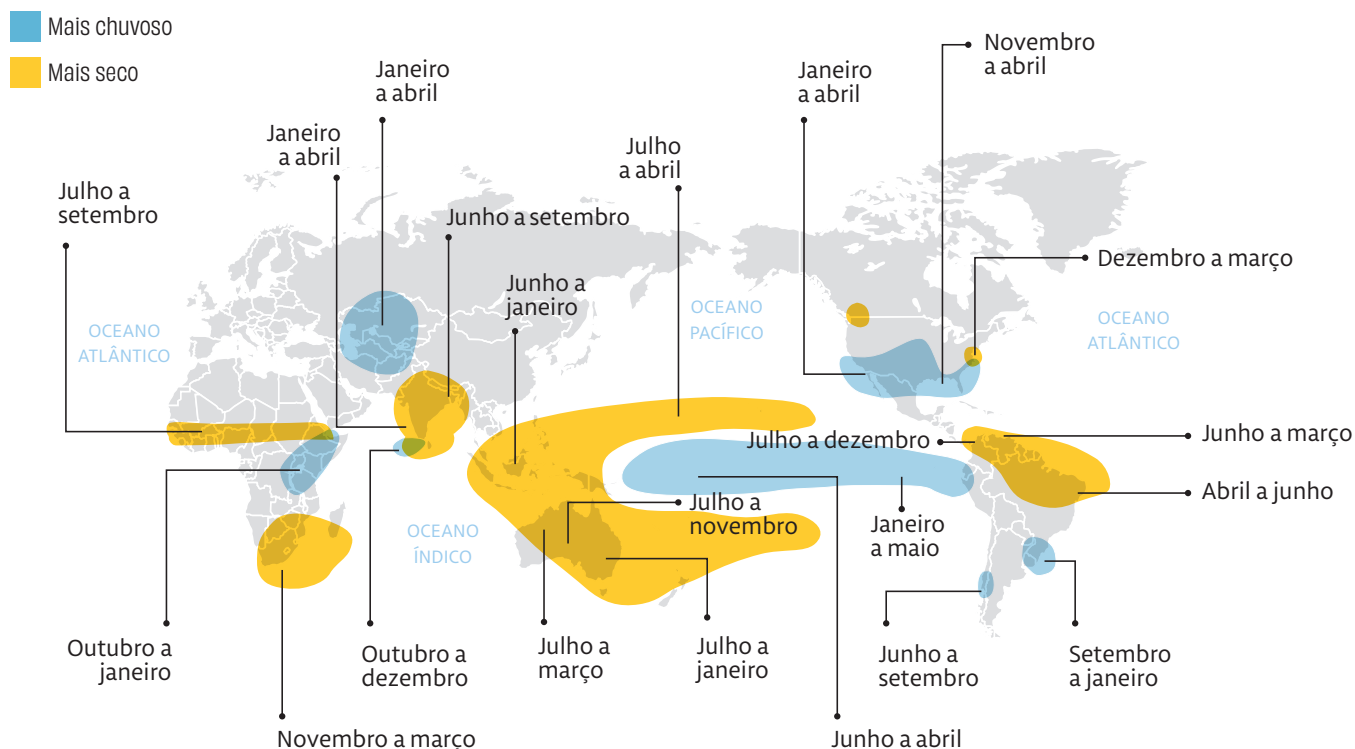
Amanda Perobelli/Reuters

anos, e cujos efeitos são sentidos, principalmente, entre o último trimestre de um ano e o início do ano seguinte. Os eventos El Niño mais fortes já documentados pela ciência ocorreram em 1982-1983, 1997-1998 e 2015-2016. Vários estudos alertam, porém, que esses eventos poderão se tornar cada vez mais frequentes, mais intensos e mais imprevisíveis à medida que a temperatura média do planeta aumenta.

**A NOAA ESTIMA 90% DE CHANCE DE O EL NIÑO DE 2026 SE TORNAR "MUITO FORTE" E 69% DE CHANCE DE SER O MAIS INTENSO JÁ REGISTRADO DESDE 1950**

## OS EFEITOS GLOBAIS

El Niño altera os padrões de chuva, provocando excesso de precipitação em algumas regiões do mundo e seca em outras



As consequências são sentidas em todo o mundo, com variações bruscas nos padrões meteorológicos e aumento na ocorrência de eventos extremos, como ondas de calor, secas e tempestades. No Brasil, a tendência é que chova menos no Norte e mais no Sul do país, com consequências potencialmente severas para ambientes naturais, agrícolas e urbanos. Em 1983, por exemplo, a cidade de Blumenau (SC) permaneceu por cerca de um mês debaixo d'água e mais de 200 mil pessoas ficaram desabrigadas no estado. Em maio de 2024 (também um ano de El Niño intenso), quatro décadas depois, agora com a temperatura média do planeta ainda mais quente, o Rio Grande do Sul sofreu uma inundação de proporções avassaladoras, com mais de 5,5 milhões de pessoas afetadas, particularmente em Porto Alegre, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Marengo argumenta que o El Niño nunca é o causador isolado do impacto, nem a mudança climática. Os eventos extremos provocados pelo fenômeno constituem a ameaça ambiental, mas, para que ela se transforme em desastre, também é necessária uma alta vulnerabilidade

das populações que vivem em áreas expostas — algo que depende de políticas públicas, e não do clima. O climatologista lembra que, em setembro de 2023, quando o fenômeno já estava se configurando e confirmado, ocorreram chuvas intensas no Vale do Taquari, região localizada no interior do Rio Grande do Sul, a cerca de 100 km da capital gaúcha.

“A inundação em Porto Alegre foi em maio de 2024, quando o El Niño já estava terminando. O El Niño teve o seu auge em janeiro e depois diminuiu. Mas, então, o que aconteceu? A inundação foi consequência das chuvas que caíram no Vale do Taquari, dos rios que levaram a água para o Guaíba e, então, as comportas não funcionaram como o esperado. Não foram só as chuvas do El Niño”, argumenta o pesquisador.

O escritório brasileiro do World Resources Institute (WRI Brasil) publicou, em maio deste ano, uma análise multissetorial das causas do desastre de 2024 na capital gaúcha. Os autores do documento também afirmam que o alto volume de chuva foi apenas o início do problema: “A geomorfologia e o modelo de ocupação territorial do

estado, com muitas cidades construídas às margens dos rios, foram determinantes para a magnitude das perdas e danos”. O relatório aponta que a resiliência só será possível com ações coordenadas utilizando uma governança regional, com troca de informações e estratégias entre os diferentes níveis do governo; aumento da capacidade orçamentária dos municípios; investimento no combate à desinformação e medidas diferenciadas para os grupos mais vulneráveis, entre outras ações.

### Adaptação das cidades

Neste ano, se os padrões dos últimos eventos se repetirem, espera-se que o El Niño de forte intensidade cause mais chuva no Sul e Sudeste, enquanto o Norte poderá sofrer com uma seca. Em outubro de 2024, o rio Negro, na bacia do Amazonas, a maior bacia hidrográfica do mundo, atingiu os níveis mais baixos de sua história. Naquele ano, porém, além do El Niño, houve a influência do aquecimento do Atlântico Norte tropical. Esse segundo fenômeno ainda não se confirmou para este ano, segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), agência ligada à Organização das Nações Unidas (ONU), o que poderá reduzir a gravidade dos impactos do El Niño.

O que está consolidado é a existência desse El Niño e do aquecimento global. A ciência e os órgãos de monitoramento internacionais e nacionais divulgam periodicamente boletins com previsões e novos dados. Há o consenso científico de que eventos extremos — secas, ondas de calor e enchentes — serão cada vez mais frequentes. E fenômenos que já ocorrem naturalmente, como El Niño e La Niña, tendem a ser intensificados pelo aquecimento do planeta. Entra em cena, portanto, a adaptação: o redesenho das estratégias para a vida na Terra de acordo com os impactos já sentidos.

Assim como são discutidas as estratégias para evitar o agravamento do aquecimento do planeta, com a redução de emissões, também chegou a vez da pauta de redução do impacto do que já está em curso. André Corrêa do Lago, presidente da 30ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP30), realizada em Belém no ano passado, chegou a divulgar uma carta, em outubro de 2025, para dizer: “A adaptação climática deixou de ser uma escolha que sucede à mitigação”.

Iniciativas surgem, então, para mapear as regiões mais suscetíveis aos desastres. Em julho, o AdaptaBrasil, plataforma do governo federal que reúne indicadores de risco de impactos das mudanças climáticas, lançou o Painel

Cidades, com dados sobre ameaças climáticas, exposição e vulnerabilidade para os 5.570 municípios do país. A cidade de São Paulo tem risco muito alto de exposição a inundações, enxurradas e alagamentos. O mesmo vale para o Rio de Janeiro e para outras cidades do Sul e Sudeste, como Porto Alegre.

Filipe Falcetta, pesquisador em hidrologia urbana do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), conhece o dilema das cidades concretadas. Engenheiro civil de formação, ele conta que São Paulo é uma cidade repleta de rios, mas que estão sob o concreto após um processo de “soterramento” histórico. As consequências aparecem agora, com as chuvas intensas do El Niño.

Ele lembra que, em 2022, por exemplo, o Beco do Batman, em Pinheiros (bairro da Zona Oeste de São Paulo), chegou a ganhar o apelido de Beco do Aquaman depois de uma enchente. “O Beco do Batman, por exemplo, é uma passagem do rio Verde, um afluente do rio Pinheiros que passa embaixo da rua Cardeal Arcoverde”, explica. E completa: “Se a gente olhar para o tecido urbano, de um modo geral, ele dá as respostas para a adaptação”.

Falcetta e outros cientistas estão trabalhando juntos no Centro de Ciência para o Desenvolvimento (CCD) – Cidades Resilientes a Inundações, um projeto financiado pela FAPESP e fruto da parceria entre o IPT e a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de São Paulo (SCTI), a Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Estado de São Paulo (SDUH), a SP Águas, o Metrô-SP, a Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), a Universidade Federal do ABC (UFABC), o Insper, a Universidade Presbiteriana Mackenzie, a Uninove e instituições internacionais.

### O que é o Centro de Ciência para o Desenvolvimento (CCD) – Cidades Resilientes a Inundações

Financiado pela FAPESP e sediado no IPT, o centro reúne governo, universidades e empresas para desenvolver gêmeos digitais urbanos e ferramentas de apoio à prevenção e resposta a inundações em São Paulo

A iniciativa busca analisar onde as cidades ainda podem ser modificadas para fornecer aos gestores públicos informações estratégicas. O grupo, como conta o engenheiro civil, quer “medir e mostrar, de forma lúdica, que um território não perturbado geraria determinada resposta, enquanto o território que temos hoje gera a resposta que vemos nos jornais toda vez que chove”.

As regiões de São Paulo que ainda têm espaços verdes são mais fáceis de modificar, segundo Falcetta, principalmente para reduzir a impermeabilização do solo e criar áreas maiores para o escoamento da água. No entanto, ele diz que a “região periférica ainda é um desafio” justamente pela falta de espaço para a ampliação do verde. As regiões passíveis de adaptação são os “lotes transformáveis”, mas, em algumas partes das cidades, eles podem ser muito populosos, incluir escolas e equipamentos públicos e não ter árvores. Isso aumenta o grau de dificuldade da adaptação.

Inicialmente, o projeto do IPT deve se focar na resiliência às inundações em São Paulo, em um plano-piloto. Mas o especialista diz que as modificações que podem ser feitas na cidade devem ajudar, de forma indireta, em outros fenômenos também, como as ondas de calor. “Significa deixar de ser uma selva de pedra total e ser uma cidade mais verde. Estamos olhando indiretamente para a questão do calor extremo, do conforto, de uma cidade mais amiga do verde, do meio ambiente. Ou seja, também para outros ganhos”, afirma o engenheiro.

### Vulnerabilidade

Os dados sobre ameaças climáticas e exposição mostram que São Paulo, Rio de Janeiro e Porto Alegre têm risco “muito alto” de inundações. Mas a plataforma AdaptaBrasil também traz outro parâmetro: a vulnerabilidade. Nesse caso, essas cidades apresentam um risco “muito baixo”.

Isso significa que, apesar de serem suscetíveis ao problema, essas metrópoles têm maior capacidade de se recuperar e menos sensibilidade aos desastres, com um sistema de saúde mais estruturado, menor risco de a população contrair doenças e melhor acesso à infraestrutura, entre uma série de outros fatores.

Em outras regiões do país, a resposta após um desastre costuma demorar mais por questões estruturais de desigualdade. A cidade mais indígena do país, São Gabriel da Cachoeira (AM), por exemplo, apresenta um alto índice de vulnerabilidade, segundo a plataforma do governo federal. Há maior distância até as rodovias e baixa cobertura de saneamento básico, além de desafios relacionados à renda e ao acesso à educação. É uma realidade que se repete em muitos municípios do Norte e do Nordeste.

Belém apresenta alto risco de exposição ao estresse hídrico, considerando a disponibilidade, a oferta e a demanda de água. O mesmo ocorre em outras cidades do Norte e do Centro-Oeste, como Rio Branco, Campo Grande e Manaus. É nessas regiões do país, com esse perfil, que há

## QUANDO O AQUECIMENTO SE TORNA EL NIÑO?

O Índice Oceânico Niño (ONI) é o principal indicador da Noaa para monitorar as fases do fenômeno

### 1 Monitoramento

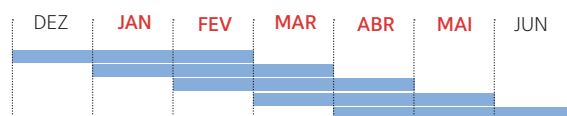
A Noaa acompanha a temperatura da superfície do oceano diariamente

### 2 Detecção

A série histórica mostra quando a temperatura média da superfície do mar apresenta uma anomalia, para cima ou para baixo

### 3 Confirmação

Já é considerado El Niño quando a temperatura do mar fica pelo menos 0,5 °C acima da média em **cinco períodos consecutivos de três meses**

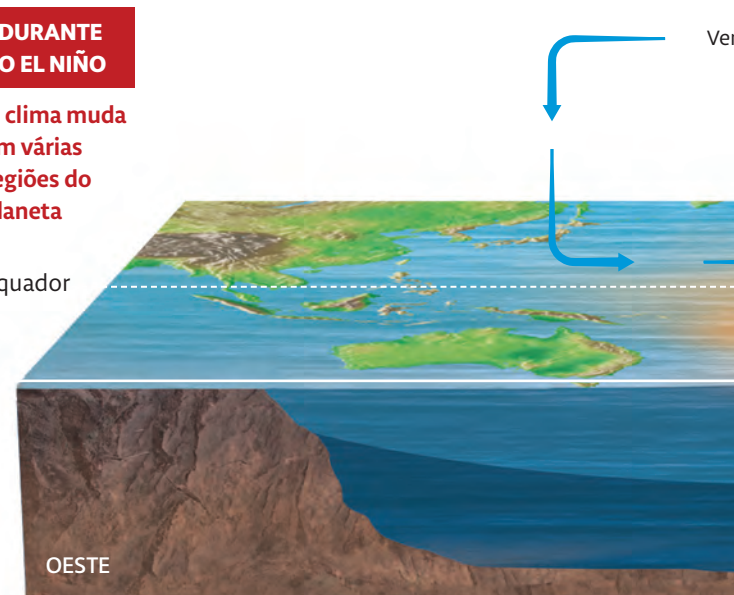


### DURANTE O EL NIÑO

O clima muda em várias regiões do planeta

Equador

OESTE

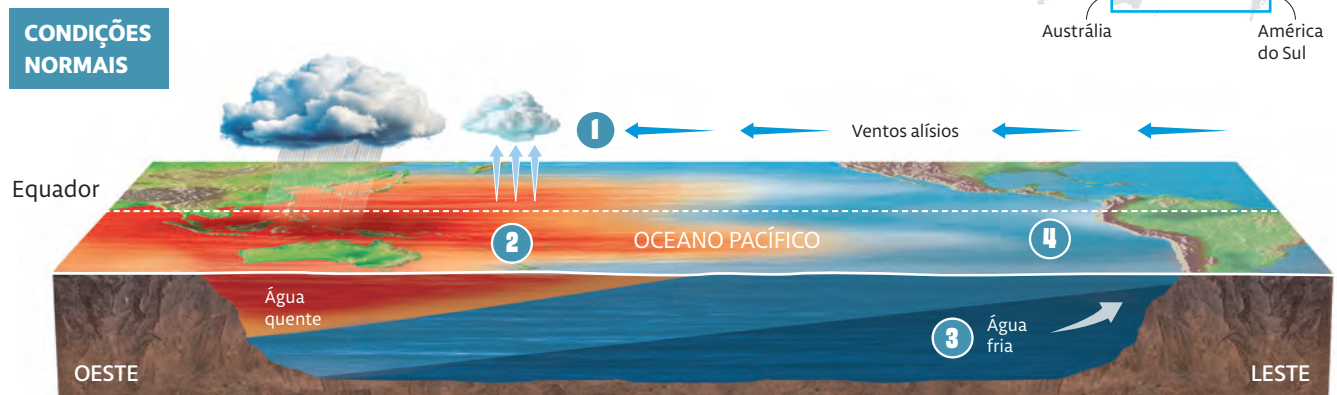


### 1 VENTOS ALÍSIOS ENFRAQUECEM

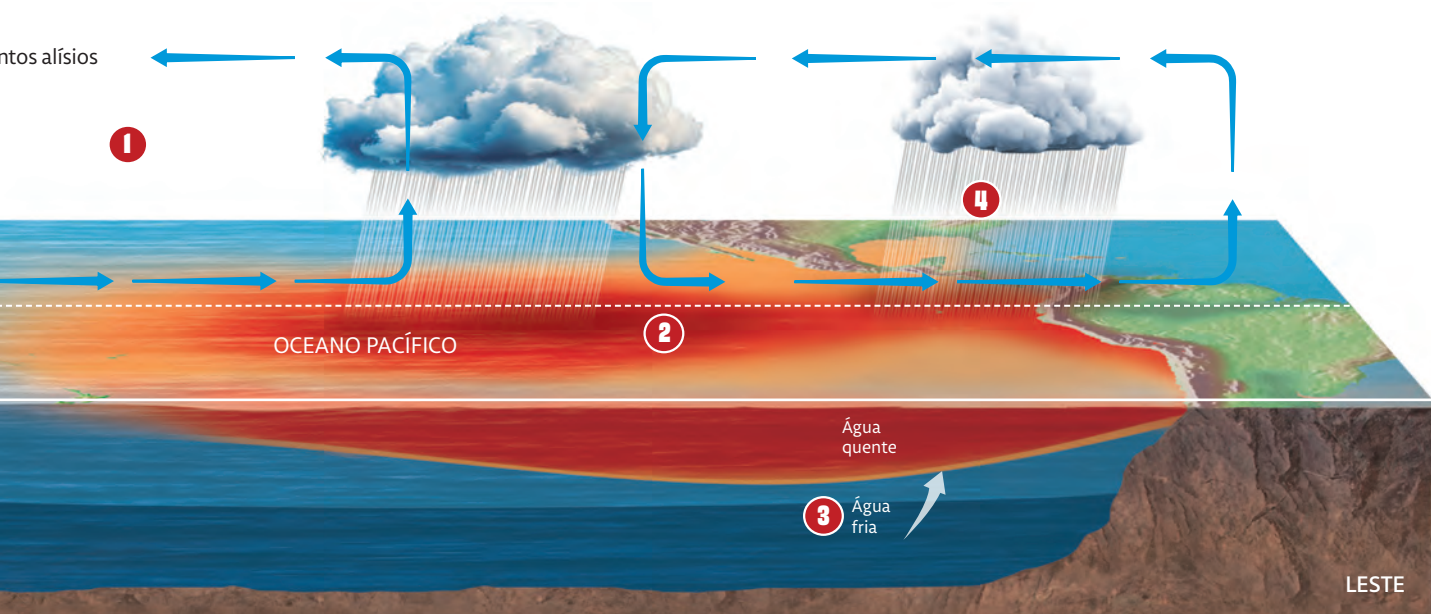
Com menos força, ventos alteram o equilíbrio entre o oceano e a atmosfera ao parar de empurrar a água para o oeste

## CONDIÇÕES NORMAIS X EL NIÑO

Entenda o que acontece quando muda a temperatura do Pacífico, causando o fenômeno



- 1 VENTOS ALÍSIOS SOPRAM DE LESTE PARA OESTE**  
Empurram a água quente da superfície em direção à Ásia e à Austrália
- 2 ÁGUA QUENTE NO OESTE DO PACÍFICO**  
Fica acumulada na região, favorecendo a evaporação e a formação de nuvens
- 3 ÁGUA FRIA NO LESTE DO PACÍFICO**  
Águas frias das profundezas sobem perto da costa da América do Sul
- 4 OCEANO E ATMOSFERA EM EQUILÍBRIO**  
Mantêm os padrões normais de temperatura, chuva e ventos



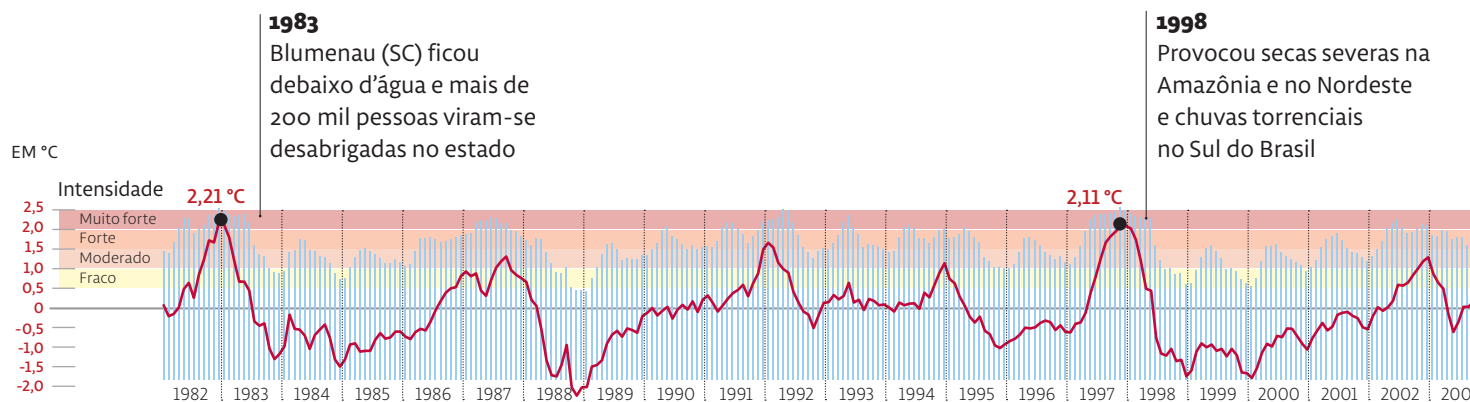
- 2 ÁGUA QUENTE AVANÇA**  
A camada superficial de água quente se espalha em direção ao centro e ao leste do Pacífico, chegando até a costa da América do Sul
- 3 SUBIDA DE ÁGUA FRIA DIMINUI**  
A água quente na superfície barra a ressurgência das águas frias, reduzindo também o transporte de nutrientes essenciais
- 4 MUDANÇA NA CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA**  
O ar quente e úmido sobe no centro e no leste do Pacífico, alterando os locais onde se formam as nuvens e as chuvas

## OS EL NIÑOS DAS ÚLTIMAS DÉCADAS

A série histórica mostra a intensidade dos episódios e alguns de seus impactos no Brasil

— Índice de anomalia da temperatura da superfície do mar

| Temperatura da superfície do mar na região do Pacífico



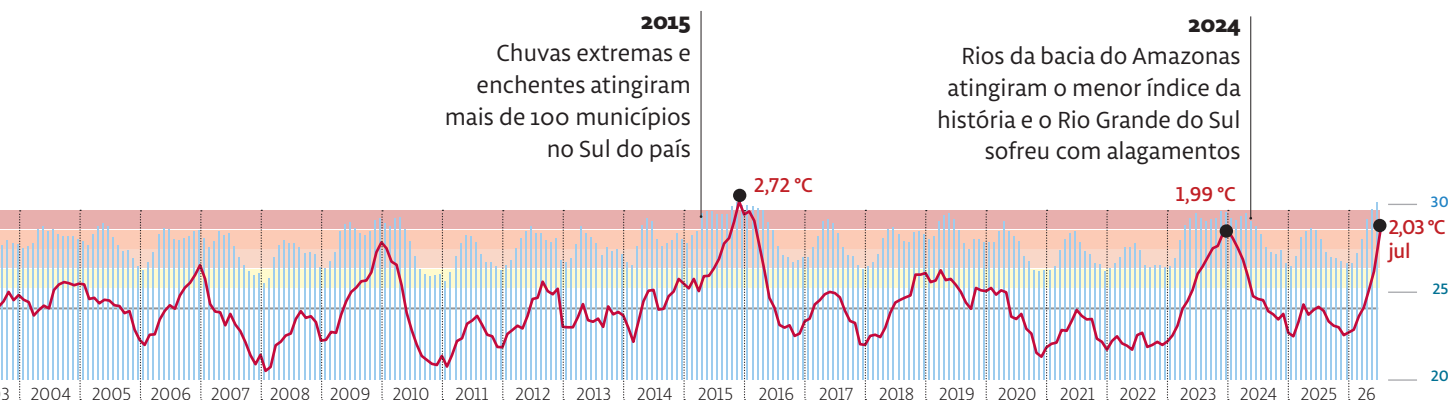
Fonte: Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (Noaa)

### Mesmo problema, 42 anos depois



O fotógrafo Daniel Marengo, aos 2 anos, em um barco com os pais e uma tia pelas ruas alagadas de São Leopoldo (RS), durante as enchentes de 1982, quando chuvas intensas começaram a atingir o estado, no início do ciclo do histórico El Niño de 1982-1983. Em 2024, já como profissional, Marengo voltou à cidade para registrar as inundações que atingiram o estado. À direita, a rua onde sua mãe mora atualmente. Fotos Acervo pessoal

Baixe o  
infográfico  
completo  
em PDF



possibilidade de seca devido ao El Niño e a “eventos climáticos compostos”, quando diferentes fenômenos ocorrem de forma simultânea ou encadeada — uma situação cada vez mais comum em tempos de emergência climática, como explica Tercio Ambrizzi, professor do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP).

“Com a seca, já há o favorecimento de uma onda de calor. Você junta os dois e acontecem simplesmente recordes extremos. Isso tem matado mais do que qualquer coisa”, explica, citando um estudo divulgado pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) em junho deste ano, que contabilizou mais de 120 mil mortes no Brasil em decorrência das ondas de calor entre 2000 e 2019.

Nesses casos, ele defende medidas estruturais. “Armazenar água, particularmente para enfrentar os períodos mais secos, é importante porque, mesmo que a estiagem se prolongue, em algum momento vai chover. Não é um deserto”, afirma.

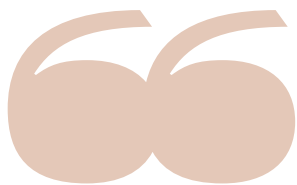
A adaptação também chegou ao campo. Ambrizzi lembra que as enchentes provocadas pelo El Niño de 1983 causaram grandes prejuízos à produção agrícola. Desde então, agricultores passaram a planejar os ciclos de plantio com base nas previsões de seca e chuva.

“Com as commodities, você pode imaginar onde e quando plantar, se precisa colher [o alimento] mais cedo. Para as regiões que têm irrigação, você fica mais tranquilo, porque consegue fornecer o nível de água de que as plantas precisam. Mas, se isso não está disponível, é um grande problema”, afirma. Esse é o caso de Santa Maria de Jetibá (ES). Conhecida pela concentração de pequenas propriedades rurais, a cidade tem baixa capacidade de adaptação ao estresse hídrico, segundo o AdaptaBrasil, devido ao comprometimento do balanço hídrico pelas atividades agropecuárias e industriais.

Para Marengo, o El Niño, “super” ou forte, não pode ser evitado, mas seus efeitos podem ser reduzidos. “Os desastres vêm e não há como parar. Já sabemos quais são as regiões. Podemos gerenciar o risco de desastres gerados pelo El Niño, mas não podemos combater o fenômeno”, afirma. O climatologista diz que esse conhecimento deve servir de alerta. “Sabemos o que aconteceu antes, onde a população continua crescendo e em que ainda há ocupação e construção em áreas irregulares, onde não se deveria construir. É aí que notamos os maiores impactos. O que vemos é que o El Niño deixou de ser só um fenômeno climático. É, também, um fenômeno socioeconômico”, conclui. ●

## DENISE DUARTE

Professora da FAU-USP estuda o clima urbano, coordena projetos da FAPESP sobre a adaptação climática e elabora o relatório do IPCC sobre cidades



# Os riscos do calor extremo são um reflexo das nossas desigualdades sociais

\* Por **Ricardo Balthazar**

\* Foto **Léo Ramos Chaves**

A cidade de São Paulo passou a contar no ano passado com um mapa detalhado do risco da população ao calor extremo, que combina condições ambientais e aspectos socioeconômicos para identificar as áreas de maior perigo, exposição e vulnerabilidade.

O mapa foi produzido por Denise Duarte, professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), da Universidade de São Paulo (USP), com a pesquisadora Luiza Muñoz,

que desenvolveu o trabalho em seu doutorado na FAU-USP, e o professor Rohinton Emmanuel, da Universidade Caledônia de Glasgow, na Escócia. Os principais resultados foram publicados em setembro de 2025 na revista *Urban Climate*.

Os pesquisadores cruzaram imagens de satélite e indicadores ambientais com características socioeconômicas, como renda, idade e condições de moradia. Dados do Censo 2022 per-

mitiram analisar cada um dos 27.592 setores censitários em que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divide São Paulo.

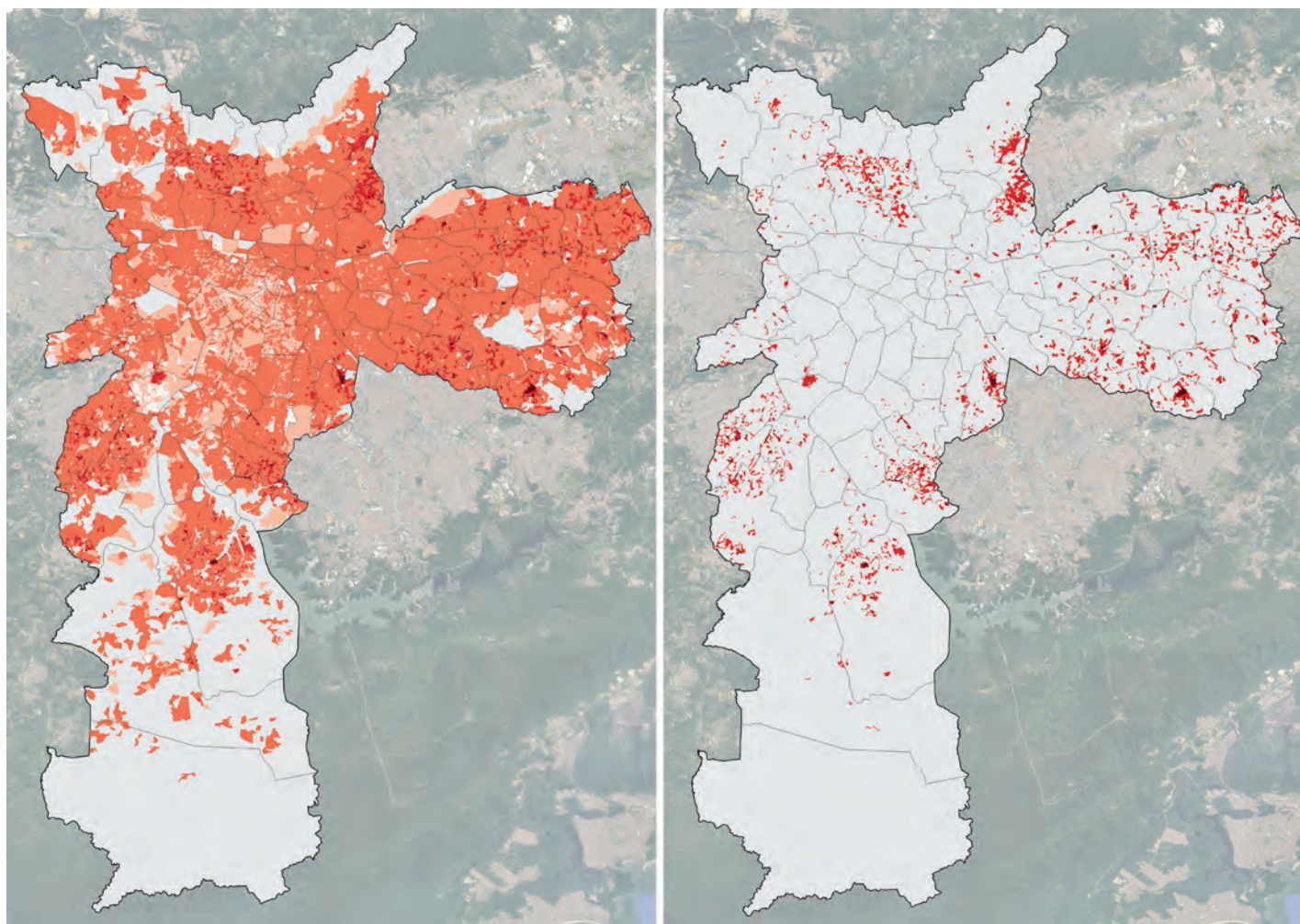
A conclusão é de que o risco ao calor extremo é mais alta em áreas periféricas da capital, com maior densidade populacional e moradores de menor renda. “Essa é a população mais afetada, aquela que pode morrer por causa do calor”, afirma Duarte.

Nesta entrevista, ela discute estra-



## Mapas mostram a distribuição dos riscos de calor extremo em São Paulo

Cada setor censitário da cidade está identificado conforme a intensidade: quanto mais escura a cor, maior o risco de calor extremo. O mapa à direita destaca apenas as áreas de maior risco, concentradas nos extremos da periferia



### RISCO DE CALOR

Extremamente baixo Baixo Médio Alto Extremamente alto Distritos municipais

0 5 10 km

Fonte: Muñoz et al., 2025; doi:10.1016/j.uclim.2025.102568 Ferreira & Duarte (2022), Landsat 8/9 OLI/TIRS, Gomes (2024), GeoSampa, IBGE, Sirgas 2000 UTM 23S

tégias para reduzir os riscos das ondas de calor e defende que evidências como as reunidas no mapa orientem as prioridades das políticas de adaptação às mudanças climáticas.

A pesquisadora coordena projetos financiados pela FAPESP sobre resiliência e adaptação das cidades, com foco em soluções baseadas na natureza, e integra como autora a elaboração do Relatório Especial sobre Mudança do Clima e Cidades (SRCities), do Sétimo Relatório de Avaliação (AR7), do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC).

\*

### **Como o mapa que vocês criaram se diferencia de outros levantamentos similares?**

Ao cruzar os dados ambientais com as informações socioeconômicas em cada um dos setores censitários da cidade de São Paulo, conseguimos um refinamento maior. Outros levantamentos são mais genéricos, por grandes regiões, por exemplo. Com os dados do Censo, é possível chegar a uma escala mais detalhada para fazer simulações sobre efeitos das mudanças climáticas e das políticas adotadas para enfrentá-las.

Como trabalhamos com dados abertos, o mapa pode ser atualizado a qualquer momento, se surgirem informações novas, ou quando houver um novo Censo. Nossa metodologia também está disponível, e outras cidades podem reproduzi-la para criar seus próprios mapas de risco.

### **O que o mapa de São Paulo revela?**

Constatamos que os riscos são um reflexo das nossas desigualdades. Pessoas que vivem em áreas periféricas, de maior densidade populacional, como as favelas, estão expostas a riscos maiores do que os que afetam moradores de outras regiões da cidade. Isso reflete não só as condições de moradia, mas também outros aspectos econômicos, como a renda das pessoas.

Em países europeus, onde as desigualdades são menores, a idade é o fator que mais influi na vulnerabilidade das pessoas. Em São Paulo, não, porque a maioria dos idosos vive em bairros mais centrais, em condições mais favoráveis para se adaptar aos riscos criados por ondas de calor. Nas favelas, onde o risco é maior, a população é mais jovem e há muitas crianças.

A proximidade de parques e áreas verdes ajuda a reduzir os riscos, mas nosso mapa mostra que nem sempre isso ocorre quando consideramos outros fatores. Na periferia, muitas pessoas vivem a quilômetros de distância do parque mais próximo. Muitos parques têm poucas árvores e pouca sombra, além de infraestrutura deficiente para receber a população.

### **De que forma o poder público tem respondido a essas evidências?**

O mapa pode ajudar a definir prioridades, e já expusemos nosso trabalho a integrantes da administração municipal algumas vezes. Em 2023, quando tivemos ondas de calor muito fortes, a prefeitura começou a executar planos

de emergência, com a Operação Altas Temperaturas, oferecendo água, frutas e sombra em tendas erguidas em alguns pontos da cidade. Essas ações nos parecem insuficientes.

Com os dados do mapa, podemos ter ações estruturantes para adaptação ao calor extremo. Poderíamos criar verdadeiros oásis urbanos ao longo dos eixos de mobilidade, aproveitando a estrutura de terminais de ônibus e metrô, parques, escolas e centros esportivos como pontos de apoio para ampliar o alcance desse tipo de ação emergencial.

Os moradores da periferia passam horas por dia se deslocando no trânsito. Muitos trabalham expostos ao calor, nas ruas, sem abrigo. É um formigueiro humano sujeito aos riscos permanentemente. Uma estratégia como essa poderia multiplicar os pontos de acolhimento nos períodos de calor mais intenso.

### **O que mais poderia ser feito?**

Temos de buscar uma estratégia compatível com nossa realidade. Na Europa, estão usando bibliotecas, centros comunitários e outros prédios com ar-condicionado para criar uma rede de refúgios urbanos. Nós não temos tantas bibliotecas como eles, mas temos muitas escolas e centros esportivos que poderiam ser usados como abrigos durante uma onda de calor extremo.

A saída para a adaptação às mudanças no clima não pode depender apenas de aparelhos de ar-condicionado. Precisamos aproveitar estruturas já

**Assista à Conferência  
FAPESP com  
Denise Duarte  
sobre a adaptação  
das cidades**



**Acesse o artigo de  
Denise Duarte, Luiza  
Muñoz e Rohinton  
Emmanuel na revista  
*Urban Climate***



existentes e transformá-las em postos onde as pessoas possam se refrescar, se hidratar e receber atendimento se passarem mal.

A Prefeitura diz que áreas verdes cobrem metade de São Paulo, mas a conta inclui terrenos baldios e campos de golfe, além de outras áreas verdes inacessíveis à população. A maioria não tem vegetação adequada nem estrutura para receber a população. Nosso mapa mostra isso com clareza, e como o plantio de árvores também é desigual.

### **O uso de aparelhos de ar condicionado tem crescido em ônibus, trens e edifícios comerciais e residenciais. Por que não é suficiente?**

Eles obviamente são essenciais em alguns lugares, como hospitais. Mas não dá para simplesmente “ar-condicionar” uma cidade como São Paulo. Imagine o impacto disso no consumo de energia. O ar-condicionado pode ser parte da solução, mas há muito a fazer com condicionamento passivo, vegetação e outras soluções baseadas na natureza.

Nem todos os ônibus têm ar-condicionado, e mesmo os que têm nem sempre estão com a manutenção em dia. A superlotação em longos trajetos e

a precariedade dos pontos de ônibus também aumentam a exposição das pessoas durante uma onda de calor. Ainda temos em São Paulo pontos de ônibus cobertos com vidros, sem sombra, o que é um absurdo.

Alguns edifícios de escritórios precisam ser evacuados se o ar-condicionado não funcionar, ou se houver um apagão. Eles não têm um plano B de operação, porque a fachada é inteira de vidro e as janelas são seladas. São como caixas de vidro fechadas, que absorvem a radiação solar e aprisionam o calor dentro. Não dá para imaginar que essa seja a única saída.

### **Faltam pesquisas sobre o impacto das mudanças climáticas na periferia?**

Participei de um grupo de pesquisadores que desenvolveu um plano de adaptação para o Jardim Colombo, no complexo de Paraisópolis. Fizemos primeiro uma revisão da literatura e depois um levantamento de riscos, problemas e soluções, a partir de entrevistas e encontros com pessoas da comunidade. O projeto foi apresentado ao Ministério das Cidades.

Uma das coisas que verificamos é que, para assentamentos informais como esse, há muitos estudos sobre

chuvas, enchentes e deslizamentos, mas muito pouco sobre o calor. Entre os moradores, os riscos associados ao calor extremo parecem ser menos percebidos do que os causados pelas chuvas. Eles têm consciência da falta de ventilação da casa nos dias mais quentes, mas enchentes e deslizamentos são ameaças mais evidentes para eles. Talvez isso mude com a repercussão de eventos como a onda de calor que atingiu os europeus neste ano.

Em São Paulo, há uma iniciativa notável da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, o programa Sampa Adapta, em cooperação técnica com o Instituto de Astrono-

### **Plano Comunitário de Redução de Riscos e Adaptação Climática do Jardim Colombo (PCRA)**

Uma ferramenta construída coletivamente para fortalecer o enfrentamento da crise climática e reduzir os riscos junto à comunidade. Faz parte de um conjunto de 12 planos que contribuirão para o desenho de uma política pública inovadora, formulada pelo Departamento de Mitigação e Prevenção de Risco da Secretaria Nacional de Periferias (SNP), do Ministério das Cidades.



**Os moradores da periferia passam horas no trânsito. Muitos trabalham expostos ao calor nas ruas. É um formigueiro humano exposto aos riscos permanentemente**

**A Prefeitura diz que áreas verdes cobrem metade de São Paulo, mas a conta inclui terrenos baldios e campos de golfe inacessíveis à população**

mia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), da USP. A secretaria conseguiu recursos da Vital Strategies, organização internacional que apoia políticas na área de saúde, e adquiriu 25 sensores de temperatura e umidade, que instalamos em cinco bairros da cidade. Moradores das próprias comunidades receberam alguns dos instrumentos e ficaram responsáveis por cuidar deles após a instalação. Com os sensores, teremos medições locais de temperatura e umidade em áreas vulneráveis.

**Existem dados suficientes para construir mapas de risco em outras cidades brasileiras?**

Em São Paulo, temos uma vantagem, que é o GeoSampa, plataforma que reúne grande quantidade de dados georreferenciados. É graças a ela que podemos fazer cruzamentos como os que permitiram construir o mapa de riscos. Outras capitais, como Rio de Janeiro e Belo Horizonte, também têm mapas digitais, mas não dispõem da mesma quantidade de dados em uma única plataforma.

**Há exemplos de políticas de adaptação climática eficazes em outras capitais brasileiras?**

O Rio de Janeiro adotou normas para lidar com situações de calor extremo. Na esteira do que ocorreu durante o show de Taylor Swift, em 2023, quando uma garota passou mal e faleceu em decorrência do calor excessivo, foi aprovada a lei estadual 10.557/24, que obriga promotores de eventos a fornecer água gratuitamente aos espectadores. E a prefeitura adotou um protocolo a ser seguido se a temperatura ultrapassar certos limites, com um sistema de alertas, fornecimento de água e outras medidas. Há restrições para eventos e atividades ao ar livre se temperaturas acima de 40 °C forem registradas por três dias seguidos.

**Sua formação passou pela engenharia, pela música e pela arquitetura. Como esse percurso a levou ao estudo do clima urbano?**

Sou mato-grossense, de Cuiabá. Não havia curso de arquitetura no estado quando entrei na faculdade, então fiz engenharia civil e, assim que terminei, fui para a Escola de Engenharia de São Carlos, da USP, que tinha um departamento de arquitetura. Também cursei música, por influência da minha mãe, que é pianista. Eu tocava piano, mas parei há décadas.



Região do Jardim Colombo, comunidade da Zona Sul de São Paulo vizinha a Paraisópolis, da qual é separada pela avenida Giovanni Gronchi. O adensamento populacional e a escassez de vegetação aumentam o desafio de adaptar essas e outras áreas às temperaturas mais altas Alexssandro Josias/Shutterstock



**Não dá para simplesmente 'ar-condicionar' uma cidade como São Paulo. Imagine o impacto disso no consumo de energia. O ar-condicionado pode ser parte da solução, mas há muito a fazer com condicionamento passivo, vegetação e outras soluções baseadas na natureza**

## FORAM ANALISADOS

**27.592**

setores censitários de São Paulo para construir o mapa de risco ao calor extremo

## SEGUNDO PROTOCOLO DA PREFEITURA

**40 °C por 3 dias seguidos**

é o limite que aciona restrições a eventos ao ar livre no Rio de Janeiro

Durante o mestrado em São Carlos (SP), fiz as disciplinas de arquitetura que não tive na graduação e estudei conforto ambiental em edifícios construídos em Cuiabá. No doutorado, na FAU-USP, examinei como diferentes formas de ocupação do solo afetam os microclimas urbanos. Como é um tema interdisciplinar, fiquei mais próxima na USP de outras áreas importantes para estudá-lo, como a meteorologia e a geografia.

### Por que escolheu a questão climática como foco de pesquisa?

Em 2010, fui convidada a participar de um Projeto Temático da FAPESP, multidisciplinar, sobre o impacto das mudanças climáticas. Meu grupo, coordenado por Fábio Gonçalves, do IAG. Nosso grupo analisou o conforto térmico dos idosos e sugeriu mudanças arquitetônicas que os ajudassem a enfrentar o calor. Quando comecei a estudar os relatórios do IPCC, percebi a gravidade do problema.

Decidi que trabalharia para essa

causa no resto da minha carreira acadêmica. Eu me dei conta de que a arquitetura e o urbanismo tinham uma contribuição importante a dar e passei a direcionar meus projetos sobre microclimas urbanos, vegetação e adensamento para esse campo interdisciplinar.

### Os cursos de arquitetura têm incorporado esse esforço interdisciplinar?

Na pós-graduação da FAU-USP, atuo na área de tecnologia da arquitetura. Temos três disciplinas voltadas para as mudanças climáticas. A mais antiga trata de conforto ambiental em ruas, calçadas e outros espaços abertos e foi reformulada com o tempo. Criei mais duas, com meu colega Leonardo Monteiro. Uma amplia a escala para olhar as cidades como um todo. Na outra, estudamos o impacto nos edifícios — não só da crise climática, mas também da crise energética e sanitária, em decorrência da pandemia de Covid-19.

Essas disciplinas têm atraído alunos

de outras formações. Temos uma interação bastante forte com pesquisadores das ciências biológicas, da saúde pública, da engenharia e da meteorologia. Não tem sentido restringir o estudo desses temas aos aspectos arquitetônicos e urbanísticos, sem parcerias com as outras áreas. Temos levado isso à graduação também.

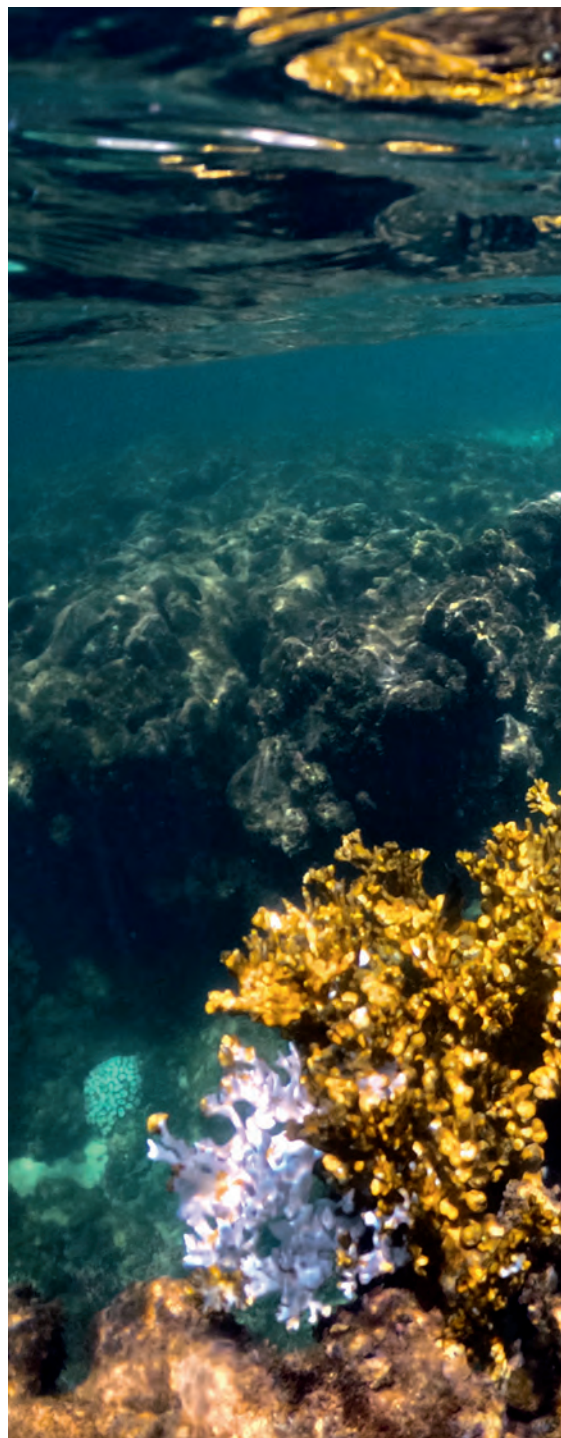
### As novas construções estão sendo projetadas para enfrentar um cenário de temperaturas mais elevadas?

Sabe os folhetos que distribuem nas ruas quando lançam novos imóveis? São todos iguais, basicamente a mesma planta, porque os códigos municipais não regulam nada, e o mercado imobiliário dita as regras. Não há preocupação com questões térmicas e adaptação. Estamos incentivando a construção de caixas de vidro, com varandas falsas, áreas reservadas para condensadoras de ar-condicionado e janelas fechadas. Nunca vi plantas tão ruins como agora. ●

# ESPÉCIES ÚNICAS DE CORAL-DE-FOGO DO BRASIL **ENFRENTAM RISCO CRESCENTE DE EXTINÇÃO**

Ondas de calor marinhas, poluição e degradação ambiental aceleram o declínio de espécies endêmicas e levam cientistas a discutir estratégias de conservação em ambientes artificiais

\* Por **Christiane Cardoso**



Colônias branqueadas de  
*Millepora alcicornis* em Maragogi  
(AL), onde uma onda de calor  
causou a mortalidade em  
massa da espécie entre abril e  
junho de 2024 Herton Escobar



Os recifes de coral brasileiros enfrentam os efeitos combinados do aquecimento dos oceanos, da degradação ambiental e dos sucessivos eventos de branqueamento. O cenário é especialmente preocupante porque o país concentra os únicos sistemas recifais do Atlântico Sul, distribuídos ao longo de cerca de 3 mil quilômetros de litoral, e uma diversidade singular de corais-de-fogo, do gênero *Millepora*: das quatro espécies que ocorrem no Brasil, três são exclusivas da costa nacional.

O agravamento desse cenário ganhou reconhecimento oficial. Na atualização mais recente da Lista Nacional de Espécies Aquáticas Ameaçadas de Extinção, publicada pelo Ministério do Meio Ambiente e pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) em abril, todas as espécies brasileiras de coral-de-fogo tiveram sua classificação de risco elevada. *Millepora braziliensis* e *Millepora laboreli* passaram a ser consideradas “criticamente em perigo”, uma categoria imediatamente anterior à extinção na natureza; *Millepora alcicornis*, também encontrada no Caribe, foi reclassificada como “em perigo” após uma mortalidade superior a 90% registrada nos últimos eventos de branqueamento; e *Millepora nitida* passou à categoria “quase ameaçada”.

“*Millepora braziliensis* é um animal com distribuição extremamente restrita, o que aumenta muito o risco. Um único evento de branqueamento em massa pode ser suficiente para extinguir a espécie”, alerta Miguel Mies, professor do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP), coordenador de pesquisas do Projeto Coral Vivo e apoiado pelo Programa Jovens Pesquisadores da FAPESP.

A velocidade das mudanças tem levado pesquisadores a discutir estratégias que até recentemente pareciam distantes da conservação de recifes: manter espécies

ameaçadas fora do ambiente natural. “Já estamos debatendo como manter esses invertebrados vivos em sistemas artificiais, porque a natureza atual, modificada pelo ser humano, pode se tornar incompatível com a sua existência”, diz Mies, que também coordena o monitoramento nacional de recifes coralíneos, financiado pelo Coral Vivo e pela Petrobras.

O alerta é reforçado por estudo publicado pelo pesquisador na revista *Coral Reefs* em 2025. Baseado no maior esforço coordenado já realizado para monitorar o branqueamento no Atlântico Sul, o trabalho mostra que o evento global de branqueamento de 2023-2024 provocou perdas severas em recifes brasileiros, especialmente no Nordeste, e que a repetição desses episódios vem reduzindo a capacidade de recuperação dos ecossistemas.

### Ondas de calor e branqueamento

O principal motor desse declínio é o aquecimento dos oceanos e o aumento da frequência de ondas de calor marinhas, associados às mudanças climáticas. O aumento anômalo da temperatura da água provoca o branqueamento dos corais, fenômeno em

que os organismos expulsam as zooxantelas — microalgas responsáveis por grande parte de sua nutrição, que vivem dentro de seus tecidos. Sem essas algas, os corais perdem sua coloração característica e entram em estresse fisiológico severo. Embora o branqueamento possa ser reversível, episódios intensos ou prolongados frequentemente levam à morte das colônias.

### O que é o projeto Coral Vivo

Iniciativa nacional de pesquisa, conservação e educação ambiental voltada aos recifes de coral brasileiros. Criado em 2003, hoje é uma referência no monitoramento dos recifes e financiado pela Petrobras.



As pontas alaranjadas são as únicas partes vivas que restam neste recife de *Millepora alcicornis*, em Maragogi (AL), que tem colônias cobertas por algas calcárias e petrechos de pesca

Marcelo Kitahara/Cebimar



Esqueletos de colônias de *Millepora alcicornis* mortas devido ao branqueamento ocorrido em 2023-2024, em Maragogi (AL)

Marcelo Kitahara/Cebimar



Corais ameaçados em Abrolhos (BA): o coral-de-fogo *Millepora alcicornis*, ao fundo, e o coral-cérebro *Mussismilia harttii*, branco, à frente, cercado por zoantídeos (invertebrados marinhos) conhecidos como baba-de-boi. Herton Escobar

O branqueamento em massa vem sendo estudado há décadas, mas pesquisadores apontam 2016 como um ponto de virada nos recifes brasileiros, quando uma forte anomalia de temperatura atingiu diferentes trechos da costa nacional — acompanhando uma tendência que já vinha sendo observada em outras partes do mundo. Na época, pesquisadores questionaram se esse crescimento refletia apenas a ampliação do monitoramento ou se os eventos estavam, de fato, se tornando mais frequentes. Em 2019, contudo, uma nova onda de calor afetou os recifes com intensidade ainda maior. A diferença é que, dessa vez, havia mais grupos de pesquisa atuando simultaneamente em diferentes regiões do país, ampliando a capacidade de observação e tornando o monitoramento mais abrangente.

Entre 2023 e 2025, o planeta registrou um dos maiores episódios globais de branqueamento já documentados, afetando 84% das áreas recifais em 82 países e territórios. No mesmo período, recordes de temperatura da superfície do mar foram sucessivamente quebrados.

Segundo Ruy Kenji, professor do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia (UFBA), o monitoramento dos recifes combina observações de campo com dados de satélite. “Utilizamos sistemas como o Coral Reef Watch [um serviço da NOAA, a agência de pesquisas oceânicas e atmosféricas dos Estados Unidos], que acompanha anomalias térmicas em tempo quase real. Os dados mostram claramente que regiões ao norte de Salvador têm experimentado eventos mais intensos de aquecimento do que a costa leste da Bahia [macrorregião que



*Millepora brasiliensis*, espécie criticamente em perigo, enquadrada por estrutura de PVC para monitoramento fotográfico do recife ao longo do tempo, em Tamandaré (PE) Ralf Cordeiro

se estende ao sul da capital baiana até o Espírito Santo], por exemplo”, explica.

Essa diferença regional, contudo, não reduz a gravidade do problema. “O aquecimento está expandindo as áreas tropicais. Regiões antes frias estão ficando mais quentes, o que poderia favorecer a expansão dos corais. Mas a velocidade de mortalidade nas áreas atuais é tão alta que não dá tempo de essa migração acontecer”, afirma.

Os efeitos já aparecem em campo. “Temos testemunhado um declínio quase completo em algumas áreas”, relata Guilherme Longo, professor do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Segundo ele, há regiões em que, de colônias antes abundantes, agora restam apenas esqueletos antigos, recobertos por outros organismos.

### O estresse invisível dos recifes

Além do aquecimento global, pressões locais tornam os recifes ainda mais vulneráveis. Poluição por esgoto e fertilizantes, contaminação por agrotóxicos, aumento da carga de sedimentos e sobrepesca comprometem a saúde e reduzem a capacidade de recuperação dos corais.

Marcelo Kitahara, oceanógrafo do Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (Cebimar) e também Jovem Pesquisador da FAPESP, destaca o papel dos animais herbívoros nesse equilíbrio. “Esses peixes controlam o crescimento de algas que competem diretamente com os corais. Sem eles, as algas proliferam e podem sufocar as colônias”, explica. O resultado é um efeito combinado: recifes já fragilizados pelas mudanças climáticas globais se tornam ainda mais sensíveis aos impactos locais.



**Estamos diante de uma possível  
extinção causada diretamente por nós**

Miguel Mies, professor do Instituto  
Oceanográfico da USP, coordenador  
de pesquisas do Projeto Coral Vivo



Peixe-anjo-rainha e, ao fundo, uma colônia do coral-cérebro-da-bahia, *Mussismilia braziliensis*, em Abrolhos (BA)

Marcelo Kitahara/Cebimar

Pesquisas recentes também tentam entender se algumas populações possuem maior resistência ao calor. Após o evento de branqueamento de 2019, Kitahara e sua equipe compararam o DNA de colônias da espécie *Millepora alcicornis* coletadas antes e depois da onda de calor, em Arraial d'Ajuda e Abrolhos (BA). "Identificamos certas variantes associadas a mecanismos de reparo de DNA que parecem conferir maior resistência ao estresse térmico", afirma.

Os resultados sugerem algum potencial adaptativo, mas ainda insuficiente para garantir a sobrevivência das

populações mais ameaçadas. "Tudo depende do número de sobreviventes. Em alguns locais, simplesmente não encontramos mais colônias vivas", diz Kitahara, que também é pesquisador associado do Smithsonian Institution.

### Entre a conservação e a intervenção

A possibilidade de manter corais ameaçados em ambientes artificiais, como tanques ou aquários — estratégia conhecida como conservação *ex situ* — começa a ganhar espaço entre pesquisadores brasileiros. "Se quisermos garantir a continuidade de algumas espécies, talvez seja necessário remover parte das colônias da natureza e mantê-las em condições controladas", afirma Mies. Segundo ele, essa alternativa vem sendo discutida no país, especialmente para as espécies *Millepora laboreli* e *Millepora braziliensis*, consideradas criticamente ameaçadas, mas ainda não saiu do papel. "É preciso muita cautela", alerta.

Segundo ele, a estratégia ainda enfrenta desafios técnicos, financeiros e éticos. "É preciso definir quem tem capacidade para manter esses organismos, garantir financiamento de longo prazo e estabelecer prioridades claras de conservação."

Longo ressalta que qualquer abordagem desse tipo exige cautela extrema. "Estamos falando de organismos sensíveis, que dependem de condições ambientais específicas. Qualquer intervenção exige muito cuidado e responsabilidade", afirma. Ainda assim, diante da aceleração das mudanças climáticas, esse debate ganha espaço em diferentes países. Pesquisadores já testam estratégias de conservação ativa em laboratório, incluindo reprodução assistida, bancos genéticos e cultivo de colônias mais resistentes ao calor.

Na Austrália, cientistas ligados à Great Barrier Reef Foundation e ao Australian Institute of Marine Science vêm testando diferentes abordagens para aumentar a resistência dos corais ao aquecimento dos oceanos. Entre as iniciativas estão o cruzamento seletivo de colônias naturalmente resistentes ao calor e técnicas de "treinamento térmico", nas quais organismos cultivados em ambientes controlados são expostos gradualmente a temperaturas mais altas para estimular mecanismos de adaptação ao

**EM ABRIL DE 2026, O MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E O ICMBIO ELEVARAM O RISCO DE EXTINÇÃO DAS QUATRO ESPÉCIES BRASILEIRAS DE CORAL-DE-FOGO (*MILLEPORA*): DUAS PASSARAM A "CRITICAMENTE EM PERIGO", UMA A "EM PERIGO", E A QUARTA FOI RECLASSIFICADA COMO "QUASE AMEAÇADA"**



Colônia viva de *Millepora alcicornis*, em Abrolhos (BA) Marcelo Kitahara/Cebimar

Reportagem conta  
como pesquisadores  
restauram corais  
dizimados por  
ondas de calor



estresse do aquecimento. Pesquisadores também investigam o uso de microalgas e bactérias termorresistentes para fortalecer a sobrevivência das colônias durante os eventos de branqueamento.

Nos Estados Unidos, a Noaa também incorporou corais resistentes ao calor à sua estratégia nacional de resiliência de recifes, incluindo reprodução seletiva em laboratório, cultivo de colônias e transplante de fragmentos em áreas degradadas.

Apesar do avanço nas pesquisas, a comunidade científica ressalta que nenhuma dessas estratégias garante a sobrevivência dos recifes em larga escala, especialmente diante do agravamento acelerado do aquecimento global. Na Flórida, por exemplo, uma onda de calor marinha até então sem precedentes, em 2023, devastou colônias cultivadas em viveiros e transplantadas para cinco áreas de restauração conduzidas pela Noaa.

O desafio pode se tornar ainda maior nos próximos meses. Em junho, a agência norte-americana anunciou que o El Niño voltou a se estabelecer no Pacífico tropical e, em agosto, alertou que o fenômeno pode se tornar “muito forte”, aumentando o risco de novas ondas de calor marinhas e, consequentemente, de episódios de branqueamento em massa dos corais.

Enquanto isso, o monitoramento dos recifes brasileiros vem sendo ampliado. Após o evento de branqueamento de 2019, pesquisadores de diferentes regiões do país criaram um protocolo nacional de acompanhamento dos recifes, em uma ação do Projeto Coral Vivo, liderado por Mies. O objetivo é padronizar métodos,

compartilhar dados e acompanhar de forma mais sistemática os corais brasileiros.

Segundo Kenji, da UFBA, que colabora com o Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Ambientes Corais (PAN Corais), os dados de mortalidade ainda precisam ser interpretados com cautela. “Trabalhamos com amostragens. Quando falamos em 100% de mortalidade, estamos nos referindo ao que foi observado em determinadas áreas. Pode haver pequenos remanescentes, que não conseguimos detectar”, explica.

A atualização da lista nacional também manteve em categorias de ameaça dois dos principais corais construtores de recifes do país: *Mussismilia braziliensis*, classificada como “vulnerável”, e *Mussismilia harttii*, considerada “em perigo”.

Embora ocupem apenas 0,1% da área marinha global, os recifes de coral concentram aproximadamente um quarto de toda a biodiversidade oceânica conhecida. Funcionam como abrigo, berçário e fonte de alimento para milhares de espécies, além de contribuir para a pesca, o turismo e a proteção costeira. “Ainda temos dificuldade de entender que tudo está conectado. O que acontece na Amazônia influencia o oceano, e o que acontece no oceano afeta o clima e as florestas”, diz Longo.

“Estamos diante de uma possível extinção causada diretamente por nós”, reflete Mies. Para os pesquisadores, o desafio agora não é apenas compreender a velocidade das mudanças nos recifes, mas decidir até onde a intervenção humana deve ir para evitar a perda definitiva de espécies que existem apenas no Brasil. ●

# O DILEMA DE BELO MONTE

**mudanças climáticas  
tendem a agravar conflito  
por água do rio Xingu**



Vista aérea da barragem e casa de máquinas de Belo Monte, onde é produzida a maior parte da energia elétrica da usina

Bruno Batista/VPR/Wikimedia Commons

COMUNIDADES INDÍGENAS E RIBEIRINHAS RELATAM SOFRIMENTO COM ESCASSEZ HÍDRICA GERADA PELAS BARRAGENS DA USINA HIDRELÉTRICA NA REGIÃO DE ALTAMIRA, NO PARÁ. EMPRESA RESPONSÁVEL PELA OPERAÇÃO NEGA GRAVIDADE E DIZ QUE IMPACTOS ESTÃO DENTRO DO PREVISTO

\* Por **Herton Escobar**

Passados dez anos desde a sua inauguração, a usina hidrelétrica de Belo Monte, no norte do Pará, continua sendo um dos projetos de infraestrutura mais contestados da Amazônia. Comunidades tradicionais afetadas pelo empreendimento relatam impactos severos aos ecossistemas e à qualidade de vida na região da Volta Grande do rio Xingu, enquanto cientistas alertam que as mudanças climáticas deverão agravar ainda mais esse quadro nas próximas décadas.

Inaugurada em 2016, Belo Monte é a segunda maior usina hidrelétrica em operação no Brasil, responsável pela produção de 5 a 10% da energia elétrica consumida no país, dependendo da época do ano e das condições climáticas. Para fazer isso, ela desvia cerca de 80% da água do rio Xingu por meio de um sistema de barragens e canais artificiais na região de Altamira (PA), direcionando-a para a geração de eletricidade. A consequência disso é que um trecho de 100 quilômetros do rio teve sua vazão drasticamente reduzida nos últimos anos, com impactos diretos sobre os ecossistemas locais e as comunidades indígenas e ribeirinhas que dependem desses recursos para a sua sobrevivência.

“Essa redução da vazão gera uma infinidade de problemas”, diz o geólogo André Sawakuchi, professor do Instituto de Geociências (IGC), da Universidade de São Paulo (USP), e coordenador de um projeto de pesquisa sobre o tema, apoiado pela FAPESP e pelas Fundações de Amparo à Pesquisa dos Estados do Pará e do Amazonas (Fapespa e Fapeam). Segundo ele, os efeitos da usina sobre a Volta Grande do Xingu “são muito piores do que os previstos” no processo de licenciamento, tanto do ponto de vista social quanto ambiental.

A Norte Energia, empresa responsável pelo empreendimento, por outro lado, diz que os impactos estão dentro do esperado e que não há justificativa técnica para alterar os padrões de funcionamento da usina, que produz energia elétrica para milhões de famílias em todo o país. Belo Monte foi oficialmente inaugurada em 5 de maio de 2016, com duas de suas 24 turbinas em operação. A operação completa, com todas as turbinas em funcionamento, começou três anos e meio mais tarde, em novembro de 2019.

“Parece que é um debate de narrativas, mas não é. É um debate de dados”, argumenta Sawakuchi, que também é integrante do Monitoramento Ambiental Territorial Independente (Mati), uma iniciativa de pesquisadores indígenas, ribeirinhos e acadêmicos, que há anos monitora os impactos da usina na região.

A licença operacional de Belo Monte venceu em novembro de 2021, mas a usina permanece em funcionamento graças a um mecanismo de renovação automática. Desde então há uma batalha jurídica e administrativa em curso, associada à renovação definitiva da licença, em que o Ministério Público Federal (MPF) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) tentam obrigar a Norte Energia a implementar um novo plano de repartição da água (hidrograma), que garanta mais recursos hídricos para as comunidades e os ecossistemas da Volta Grande.

Em dezembro de 2025, a Justiça Federal em Altamira condenou a Norte Energia e o Ibama a revisar o atual hidrograma e a estabelecer um novo regime de vazões para Belo Monte, mas o cumprimento da sentença só deve ser efetivado após o trânsito em julgado do processo — ou seja, quando não houver mais possibilidade de recurso.

Paralelamente, o Ibama já havia dado um prazo para que a empresa apresentasse um novo hidrograma até 12 de janeiro deste ano, mas a Norte Energia contestou a demanda em caráter administrativo. Em fevereiro, o prazo foi prorrogado até 13 de abril. A empresa, novamente, não apresentou um novo plano de partilha da água, argumentando que os impactos estão dentro do previsto e que a revisão do hidrograma precisaria partir de uma decisão colegiada, envolvendo o Ministério de Minas e Energia (MME), o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Desde então, o hidrograma já adotado pela usina permanece em vigor. O MME defende a manutenção desse regime em 2026, sob o argumento de que Belo Monte tem

### O que é a Volta Grande do Xingu

Trecho de 100 km do rio Xingu, na região de Altamira (PA), onde a vazão é controlada por Belo Monte desde 2016. Abriga comunidades indígenas e ribeirinhas e ecossistemas únicos de floresta alagada.



Leito do rio Xingu fica naturalmente exposto durante os períodos de seca na Volta Grande. O problema é o prolongamento e o agravamento desses períodos de escassez hídrica nos trechos impactados pela usina de Belo Monte Carlos Mazoca/GeoHereditas

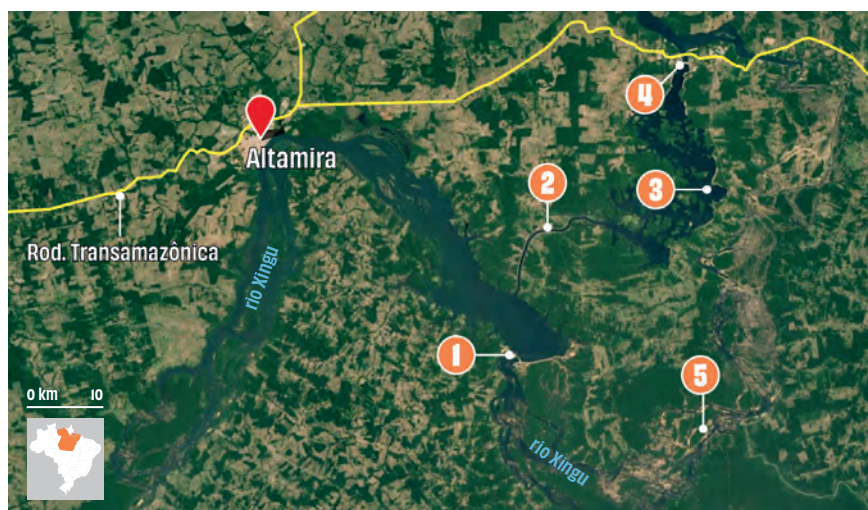
## O caminho das águas em Belo Monte

O complexo hidrelétrico desvia grande parte das águas do rio Xingu na barragem de Pimental, conduzindo-as por um canal e um reservatório intermediário até a usina de Belo Monte. O desvio reduz a vazão em cerca de 100 quilômetros da Volta Grande do Xingu

- 1 Barragem e usina Pimental
- 2 Canal de derivação
- 3 Reservatório intermediário
- 4 Barragem e usina Belo Monte
- 5 Trecho de Vazão Reduzida



0 10 km



Fonte: Imagem de satélite: Google Earth; elaborado com informações de Utsunomiya et al. *Regional Environmental Change* (2024) doi: 10.1007/s10113-024-02230-7

um papel estratégico para a segurança do sistema elétrico nacional, enquanto prossegue a discussão com os órgãos ambientais sobre uma eventual revisão das vazões.

### **Vazão reduzida, impactos ampliados**

A nota técnica mais recente do Mati, divulgada em novembro de 2025, faz uma comparação mês a mês da quantidade de água que passou pelo chamado Trecho de Vazão Reduzida (TVR) do rio Xingu — trecho de 100 km em que o fluxo do rio é controlado pela usina — antes (de 1972 a 2014) e depois (de 2016 a 2024) da inauguração de Belo Monte, com base em dados oficiais de monitoramento da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). As análises revelam alterações radicais nos padrões hidrológicos da região, não só em relação à quantidade de água disponível no rio, mas também ao momento de ocorrência (timing) e à duração das fases de enchente e vazante, que são fundamentais para o funcionamento dos ecossistemas locais.

Segundo o Mati, houve meses em que a vazão média do rio chegou a ser reduzida em quase 90%, em comparação com a série histórica do período pré-barragem. A duração média dos períodos de cheia, que era de aproximadamente 80 dias por ano, caiu para apenas nove dias, enquanto os períodos de seca extrema aumentaram, em média, de 45 para 104 dias. O ano mais crítico foi 2024, com seis meses seguidos de seca extrema, em função da ocorrência de um forte El Niño — fenômeno climático global que reduz a quantidade de chuvas na Amazônia.

**DESDE A OPERAÇÃO DE BELO MONTE, A DURAÇÃO MÉDIA DAS CHEIAS NO RIO XINGU CAIU DE 80 PARA APENAS NOVE DIAS POR ANO, ENQUANTO OS PERÍODOS DE SECA EXTREMA MAIS QUE DOBRARAM, DE 45 PARA 104 DIAS**

“Com base nesses indicadores, é notável a diminuição do período da cheia e o prolongamento da seca, que tem causado efeitos deletérios e preocupantes, e que podem continuar e até se agravar sob as condições decorrentes das mudanças climáticas em curso no planeta”, diz o relatório do Mati. O documento é assinado por mais de 40 pesquisadores e monitores, vinculados a instituições públicas de pesquisa e comunidades tradicionais da Volta Grande do Xingu, incluindo Sawakuchi. Parte dos dados que subsidiam os relatórios do grupo foi publicada em 2025 nas revistas *Conservation Biology* e *Perspectives in Ecology and Conservation*.

As projeções climáticas para as próximas décadas desenharam um cenário ainda mais complicado. Estudos preveem reduções significativas de precipitação em diversas regiões da América do Sul, incluindo o sul e o leste da Amazônia, onde fica a bacia do rio Xingu, o que deverá reduzir ainda mais a quantidade de água disponível na região de Belo Monte, tanto para a produção de energia quanto para as comunidades e os ecossistemas da Volta Grande. As pesquisas levam em consideração tanto os efeitos da mudança climática quanto do desmatamento na Amazônia, que também contribui para o aumento da temperatura e a redução da precipitação nas áreas afetadas.

A redução da precipitação sobre a bacia do rio Xingu, especificamente, poderá chegar a 500 milímetros de chuva por ano até o final deste século, a depender do grau de aquecimento global, segundo projeções feitas pelo professor Nicolás Stríkis, do Instituto de Geociências da USP, com base em modelos acoplados de previsão climática. Isso reduziria a precipitação média da bacia dos atuais 1.800 mm/ano para algo entre 1.500 e 1.300 mm/ano em diversas áreas, incluindo anos de seca extrema, em que a precipitação cairia para a faixa de 800 a 900 mm/ano. “Isso é clima de Cerrado”, destaca Stríkis.

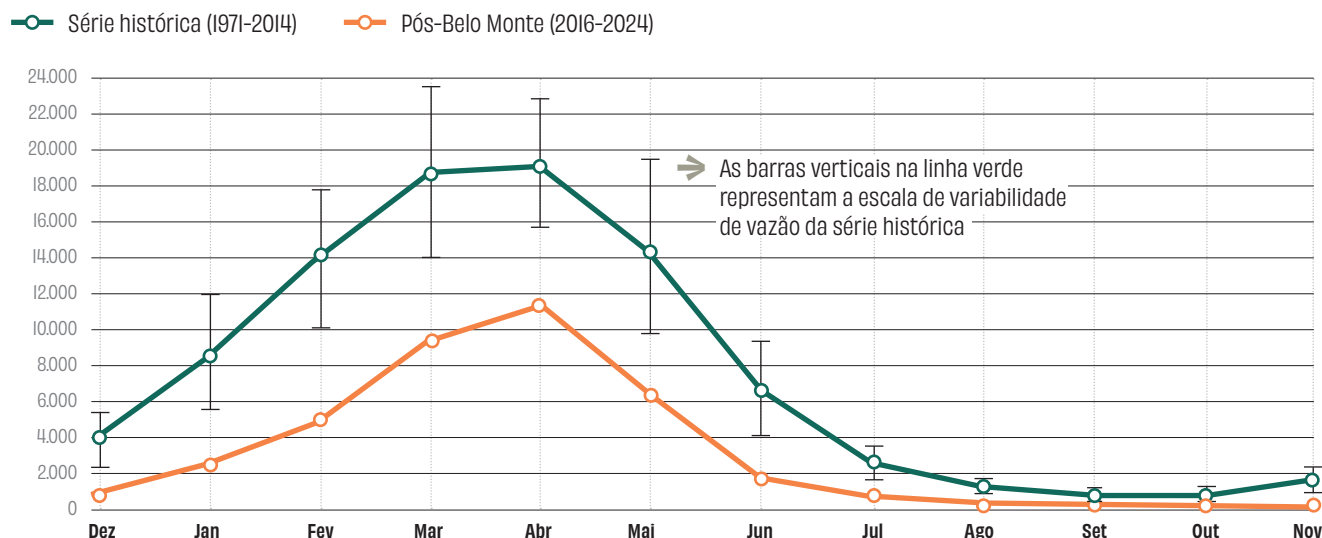
O rio Xingu nasce no leste de Mato Grosso e percorre cerca de 2 mil quilômetros até desaguar no rio Amazonas, no Pará. Sua bacia, abrangendo todos os seus afluentes, tem cerca de 530 mil quilômetros quadrados (uma área maior do que a da Espanha).

Stríkis explica que o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica depende essencialmente de dois fatores:

## Vazão média mensal

Em m³/s

No Trecho de Vazão Reduzida (TVR) do rio Xingu em períodos anteriores e posteriores à instalação da usina de Belo Monte



Fonte: Adaptado de Utsunomiya, R. et al. Nota Técnica. Mati-VGX (2025). doi:10.13140/RG.2.2.16212.46725

precipitação e evapotranspiração — em outras palavras, a quantidade de água que entra no sistema por meio da chuva e a quantidade de água que sai do sistema por meio da evaporação e da transpiração das plantas. Se entra mais água do que sai, o balanço é positivo. Se sai mais água do que entra, é negativo. A temperatura é outro fator importante: quanto mais quente o clima, maior é a evapotranspiração.

Na bacia do rio Xingu, a tendência já é de queda há alguns anos. “O resumo da ópera é que a partir dos anos 2000 a gente começa a ter balanços hídricos negativos, e a tendência é que eles se tornem cada vez mais negativos daqui para a frente. Ou seja, o rio está secando”, afirma o professor da USP. Os dados dessa modelagem ainda não foram publicados em revista científica, mas são condizentes com os achados de diversos estudos publicados em periódicos de prestígio recentemente.

Um estudo que saiu em março deste ano no *International Journal of Climatology*, por exemplo, projeta um aumento significativo na duração e na intensidade das estações secas da Amazônia nas próximas décadas, com impactos negativos sobre a disponibilidade hídrica e a

capacidade da floresta de resistir a incêndios e estocar carbono. A pesquisa foi liderada por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), em São José dos Campos (SP), com apoio da FAPESP.

Procurada pela reportagem, a empresa responsável pela usina contestou as análises do Mati. “A Norte Energia, após detida análise técnica dos estudos apresentados, identificou lacunas metodológicas, ausência de detalhamento do delineamento amostral e indisponibilidade do banco de dados bruto, fatores que fragilizam as inferências apresentadas no estudo [e], logo, suas conclusões”, afirma a empresa. Em resposta a uma solicitação do Ibama, em abril deste ano, a Norte Energia também afirmou que o relatório do Mati possui “limitações relevantes de natureza científica, metodológica e regulatória”.

### “Empreendimento de morte”

Os dados do Mati foram apresentados na trigésima Conferência das Partes (COP30) da Convenção sobre Mudanças Climáticas da ONU, realizada em Belém do Pará, em novembro de 2025, no âmbito de uma série de seminários sobre Belo Monte, organizada pelo MPF.



Raimundo da Cruz e Silva, morador da Volta Grande do Xingu, mostra um canal do rio Xingu que leva água para uma piracema na comunidade Goianinho, cujos ciclos de inundação foram prejudicados desde a inauguração da usina André Sawakuchi/Mati-VGX

Além da menor disponibilidade de água, a barragem alterou sobremaneira a duração e o timing do chamado pulso de inundação sazonal, que é quando as águas do rio transbordam mata adentro, formando os igapós (trechos de floresta alagada), que são cruciais para a reprodução de diversas espécies de peixes. Normalmente, a água começaria a subir em novembro, até atingir um pico de cheia em abril. Depois começaria a descer de novo, até atingir um pico de seca em outubro. Agora, nem as populações locais e as plantas nem os animais sabem quando esses pulsos vão acontecer ou quanto tempo vão durar, porque a vazão do rio no trecho da Volta Grande passou a ser regulada pela operação da usina, e não mais pela natureza.

O resultado, segundo os pesquisadores do Mati, é um cenário de escassez hídrica extrema, que compromete a sobrevivência dos ecossistemas, da biodiversidade e dos milhares de famílias de populações indígenas e ribeirinhas da Volta Grande do Xingu. Não há um dado oficial sobre o número de pessoas atingidas por Belo Monte no Trecho de Vazão Reduzida, mas as estimativas variam de 3 mil a 6 mil.

A quantidade de peixes diminuiu radicalmente, comprometendo o sustento e a segurança alimentar das comunidades locais. A locomoção, a disponibilidade de água potável e o acesso a serviços de saúde também foram seriamente prejudicados, segundo os moradores, já que muitos trechos do rio se tornaram quase intransponíveis durante vários meses do ano por causa do prolongamento das secas. Trechos de floresta inundada que eram usados pelos peixes como áreas de reprodução e berçários naturais (piracemas) hoje estão inacessíveis aos animais, ou porque não alagam mais ou porque não ficam mais inundados pelo tempo suficiente para que esses ciclos reprodutivos se completem.

“Onde a gente saía para pescar antigamente, hoje em dia não consegue mais, porque o nível do rio baixou”, disse o líder indígena Adalto Arara, da Terra Indígena Arara da Volta Grande do Xingu, em um dos seminários promovidos pelo MPF na COP 30. A construção da usina hidrelétrica, segundo ele, “mudou completamente o modo de vida” das populações locais. “A gente tem que desmatar para fazer roça, para plantar cacau, para tirar nossa renda,



Redução da vazão do rio Xingu causada pela usina de Belo Monte impactou a vida de diversas comunidades ribeirinhas da Volta Grande Carlos Mazoca/GeoHereditas

por falta de opção. De pescadores, nós viramos agricultores”, completou a jovem indígena Kãyure Juruna, da Terra Indígena Paquichamba. “Belo Monte destruiu toda a nossa vida. Não foi só uma coisa nem outra. Foi tudo, porque a gente dependia do rio para tudo.”

“Belo Monte só nos trouxe desastre, em todos os aspectos. A gente não sabe mais como sobreviver naquela localidade”, reforçou Orcylene Reis, moradora de uma comunidade ribeirinha do rio Bacajá, que deságua no Xingu. “Antes do barramento, era uma coisa muito fácil: você ia para o rio e pescava caixas e caixas de peixe. Hoje em dia, o pescador da Volta Grande do Xingu morre de fome.”

A procuradora Thaís Santi, do MPF em Altamira, que conduziu os seminários sobre Belo Monte na COP 30, descreveu a usina como um “empreendimento de morte”. “A destruição dos meios de vida, a destruição dos ecossistemas, retira dessas populações as condições de existência. E não é só a condição econômica de existência. É a condição de existência enquanto povo”, disse a procuradora. “Portanto, não há como [...] separar os conceitos de ecocídio, genocídio, etnocídio. É morte.”

Josiel Juruna, coordenador do Mati e vice-liderança da aldeia Mĩratu, na Terra Indígena Paquichamba, disse que monitorar os impactos da usina equivale a “monitorar a morte de um rio” e que a Volta Grande está se aproximando de um “ponto sem volta”. “Se a gente não tomar uma atitude [...], a gente vai perder esse ecossistema. Se a gente perder esse ecossistema, a gente vai perder todo um povo que mora naquela região, toda uma tradição que tem naquela região, tanto indígena como ribeirinho, assim como algumas pessoas quilombolas, que dependem também do rio. Então, a gente vai perder tudo isso”, disse.

A Norte Energia rebate as críticas e questiona a credibilidade técnica dos dados do monitoramento local. “Ainda que os estudos do Mati possam oferecer percepções complementares, não possuem consistência metodológica e transparência para embasar, por si sós, alterações no Hidrograma de Consenso”, argumenta a empresa, em uma nota técnica de dezembro de 2025.

A empresa nega que a usina esteja causando impactos significativos nos ecossistemas ou no modo de vida das comunidades locais, afirmando que os dados do



monitoramento conduzido pela própria operadora mostram um cenário diferente. “Quando flora (plantas), ictiofauna (peixes), pesca e quelônios (cágados, tartarugas e jabutis) são avaliados de forma integrada [...], os quatro componentes demonstram que não houve ruptura ecológica, perda irreversível de habitats, extinção local de espécies ou interrupção de ciclos reprodutivos”, diz a Norte Energia, em outra nota técnica, também elaborada em resposta aos questionamentos do Ibama. Segundo a empresa, o que se observa é “um sistema em reorganização, exatamente como previsto no EIA (Estudo de Impacto Ambiental) e coerente com o comportamento de grandes rios após regulação hidrológica”. Em nota enviada à reportagem, a Norte Energia disse que monitora as condições de vida das famílias do Trecho de Vazão Reduzida desde 2012 e desenvolve “um conjunto abrangente de programas e ações socioambientais” na região, com o objetivo de “prevenir, mitigar e compensar eventuais impactos decorrentes da operação do empreendimento”.

### Hidrograma em xeque

A quantidade de água que Belo Monte pode desviar do rio Xingu para a produção de energia a cada mês é condicionada a um plano batizado de Hidrograma de Consenso, que estipula valores mínimos de vazão para o Trecho de Vazão Reduzida (TVR). Esse hidrograma tem duas versões (A e B), que deveriam ser alternadas anualmente para, supostamente, garantir a sobrevivência dos ecossistemas e das comunidades da Volta Grande.

Pelo Hidrograma A, a usina é obrigada a liberar uma média mínima de 4 mil metros cúbicos por segundo ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) de água para o TVR no mês de abril, que representa o pico da cheia. Pelo Hidrograma B, essa média mínima obrigatória é de 8 mil  $\text{m}^3/\text{s}$ . Os valores são diferentes para cada mês, chegando a 700  $\text{m}^3/\text{s}$  em outubro, no auge do período de seca.

Esses valores foram definidos no processo de licenciamento ambiental da usina, mas o volume previsto no Hidrograma A é tão baixo que nunca chegou a ser implementado, por determinação do Ibama. Desde novembro de 2019, quando todas as turbinas de Belo Monte entraram em operação, a usina trabalha apenas com o Hidrograma B, que permanece em vigor em 2026, enquanto prossegue a discussão sobre sua revisão. Ainda assim, estudos

## Antes do barramento, você ia para o rio e pescava caixas e caixas de peixe. Hoje em dia, o pescador da Volta Grande morre de fome

Orcylene Reis, moradora de uma comunidade ribeirinha do rio Bacajá

científicos e relatos de moradores indicam que as vazões previstas nesse hidrograma são insuficientes para manter vivos os ecossistemas da região.

Segundo o Mati, a média histórica da vazão natural do Xingu no TVR em abril, por exemplo, era de 19 mil  $\text{m}^3/\text{s}$  — ou seja, mais que o dobro do mínimo previsto no Hidrograma B. A vazão média efetivamente liberada pela usina para aquele mês no período de 2016 a 2024, segundo o relatório do grupo, foi de 11.750  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Além dos baixos volumes de água, segundo os pesquisadores, o hidrograma não respeita a temporalidade dos pulsos naturais de inundação do rio. “Fica evidente que a imposição de um regime hidrológico baseado em médias mensais, com enchente tardia e cheia limitada a 8.000  $\text{m}^3/\text{s}$  apenas durante o mês de abril, com vários meses de atraso em relação à enchente natural, que iniciava em novembro, compromete profundamente a reprodução dos peixes, as interações tróficas da fauna aquática e a integridade da floresta alagável”, aponta outra nota técnica do Mati, divulgada em junho de 2025, sobre os impactos ambientais da usina.

“Esses relatórios têm essa intenção, de contestar dados oficiais da Norte Energia, que tentam mascarar os impactos e dizer que está tudo bem”, diz a pesquisadora Renata Utsunomiya, integrante do Mati e doutora em ciência ambiental pelo Instituto de Energia e Ambiente (IEE), da USP.

“Além do nível de inundação da cheia, destaca-se a importância da temporalidade e da duração do pulso de inundação. Para que os ciclos ecológicos se completem é necessário

## Vazão média mensal prevista pelo Hidrograma de Consenso Em m³/s

No Trecho de Vazão Reduzida (TVR) do rio Xingu em cada mês, segundo o Hidrograma de Consenso (HC-A e HC-B) da usina de Belo Monte. As vazões naturais históricas correspondem ao período 1971-2014 e a vazão média do TVR corresponde ao período 2016-2024

|                                | Dez   | Jan   | Fev    | Mar    | Abr    | Mai    | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   |
|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>HC-A</b>                    | 900   | 1.100 | 1.600  | 2.500  | 4.000  | 1.800  | 1.200 | 1.000 | 900   | 750   | 700   | 800   |
| <b>HC-B</b>                    | 900   | 1.100 | 1.600  | 4.000  | 8.000  | 4.000  | 2.000 | 1.200 | 900   | 750   | 700   | 800   |
| <b>Vazão média do TVR</b>      | 1.289 | 3.043 | 5.359  | 9.655  | 11.750 | 6.770  | 2.191 | 1.237 | 884   | 712   | 682   | 854   |
| <b>Vazão natural histórica</b> | 4.218 | 8.958 | 14.120 | 18.900 | 19.480 | 14.770 | 6.948 | 3.115 | 1.713 | 1.155 | 1.229 | 1.980 |

Fonte: ANA (2011) / Tabela adaptada de Utsunomiya, R. et al. Nota Técnica Mati-VGX (2025). doi: 10.13140/RG.2.2.16212.46725

que a cheia tenha início mais cedo e que o nível de cheia se mantenha elevado por pelo menos três meses consecutivos”, diz a nota do Mati. O documento propõe a adoção de um hidrograma alternativo, em que o volume de água liberado pela usina para o TVR aumentaria gradualmente a partir de novembro, chegando a 14 mil m³/s em abril e caindo gradativamente para 850 m³/s em outubro.

Outra proposta, apresentada pelo grupo na nota de novembro, seria adotar um esquema de partilha da água baseado em porcentagens fixas, em vez de volumes específicos de água para cada mês. Nesse caso, segundo a proposta do Mati, 30% da água seria reservada para a produção de energia e 70% para a Volta Grande do Xingu. Dessa forma, o volume de água efetivamente desviado para cada função variaria de acordo com a vazão natural do rio, e não com as necessidades da usina.

O problema, do ponto de vista energético, é que haveria menos água em determinados momentos para a geração de eletricidade, especialmente nos meses de seca. Isso poderia reduzir a produção da usina, que é uma peça fundamental do sistema elétrico nacional. Na virada do ano de 2025 para 2026, em meio a uma forte onda de calor no Sudeste, Belo Monte chegou a gerar mais de 9% da energia elétrica consumida no país, segundo a Norte Energia. E já houve momentos em que esse percentual passou de 10%.

O desafio, segundo Utsunomiya, é encontrar uma solução que contemple tanto a sobrevivência socioambiental da Volta Grande do Xingu quanto as necessidades energéticas do país. Uma discussão que, segundo ela, precisa

abranger outras fontes de energia limpa, como solar e eólica, além da hidreletricidade — que também pode gerar impactos sociais e ambientais expressivos, apesar de emitir menos carbono para a atmosfera, como mostra o caso de Belo Monte.

“Quando você coloca esses impactos socioambientais na balança, a hidrelétrica não vale a pena”, avalia Sawakuchi, do Instituto de Geociências da USP. “Esses efeitos negativos regionais são muito maiores do que qualquer ganho por redução de emissões de gases do efeito estufa para a atmosfera.” No caso de Belo Monte, segundo ele, até mesmo uma usina termoelétrica seria preferível ao que foi feito na Volta Grande. “Todas as grandes hidrelétricas do Brasil são dependentes da monção da América do Sul, e as projeções climáticas apontam para uma redução de vazão nas bacias de drenagem que abrigam essas grandes hidrelétricas. Então, não é só uma questão de conservar a biodiversidade aquática e as florestas alagáveis da Amazônia. É uma questão de segurança energética também.”

A Norte Energia disse que “acompanha com atenção os estudos científicos acerca do tema [das mudanças climáticas] e seus potenciais impactos sobre os regimes hidrológicos da Amazônia” e que esses cenários são considerados no planejamento operacional de longo prazo e na gestão de riscos do empreendimento, “como ocorre em todo o setor elétrico”. O desafio de conciliar a geração de energia com a disponibilidade cada vez mais incerta de água no Xingu, portanto, deverá permanecer no centro das discussões sobre o futuro de Belo Monte. ●

# Aluguel social como saída para a crise habitacional em São Paulo

Pesquisa do LabCidade (FAU-USP) analisa como políticas podem ampliar o acesso à moradia para populações vulneráveis e enfrentar os desafios da casa própria inacessível

\* Por **Ana Beatriz Garcia**

A dificuldade crescente de acesso à casa própria e o aumento do custo da moradia têm levado pesquisadores e gestores públicos a olhar com mais atenção para o aluguel social como parte da solução para a crise habitacional. De acordo com o Censo do IBGE, cerca de 22% das famílias brasileiras viviam em domicílios alugados em 2022. Ao mesmo tempo, a Pesquisa de Informações Básicas Municipais (Munic 2024) mostrou que 67,7% dos municípios afirmam possuir alguma política de aluguel social.

Com projetos e políticas públicas em implementação, cidades como São Paulo, Campo Grande, Belo Horizonte e Recife buscam ampliar o acesso à moradia por meio de iniciativas municipais ou federais que adotam esse instrumento. No modelo, as unidades residenciais são oferecidas pelo poder público, que pode intermediar a oferta ou ser proprietário dos imóveis, enquanto o morador paga um aluguel que não compromete excessivamente sua renda.

Em São Paulo, uma pesquisa conduzida pelo LabCidade, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP),

**CERCA DE**

**22%**

das famílias brasileiras viviam em domicílios alugados em 2022

**937**

são as unidades no formato de locação social na cidade de São Paulo

“Se uma pessoa com 60 anos entra no programa Minha Casa, Minha Vida, com 75 anos ainda estará no financiamento. Isso não tem sentido”

**Claudia Acosta**

professora da FGV e pesquisadora do FGV Cidades (GCD), apoiado pela FAPESP

em parceria com a Secretaria Municipal de Habitação da prefeitura de São Paulo (Sehab-SP), investiga como esse modelo poderia ajudar a enfrentar a crise habitacional da capital. O estudo, que conta com financiamento da FAPESP e é coordenado pela pesquisadora Paula Freire Santoro e pela gestora pública Daniela Perre, busca soluções para ampliar e diversificar a política de locação social já existente.

O déficit habitacional envolve diferentes formas de precariedade, como moradias inadequadas e o chamado ônus excessivo do aluguel — situação em que famílias com renda de até três salários mínimos comprometem mais de 30% do orçamento com o pagamento da moradia. Em São Paulo, esse problema é especialmente expressivo: em 2022, 65% desse público ultrapassava esse limite, segundo dados da Fundação João Pinheiro, instituição de pesquisa, ensino e produção de estatísticas sobre políticas públicas vinculada ao Governo do Estado de Minas Gerais.

Segundo Santoro, mesmo no cenário mais otimista — de 30 mil unidades produzidas em uma única gestão municipal, o maior volume já regis-



Vista aérea do centro de São Paulo — manter populações de baixa renda nas regiões centrais é um dos argumentos em defesa do aluguel social  
Diogo Moreira/Governo de São Paulo

trado em São Paulo — seriam necessárias mais de 13 administrações para atender à demanda habitacional calculada em 2016.

“Os desafios são enormes e muito diversos. A política habitacional não pode apostar em apenas um modelo centrado na produção de novas moradias pelo mercado para a casa própria”, afirma Santoro.

Até agora, a pesquisa mapeou diferentes modelos de aluguel social adotados no Brasil e no exterior, desde programas de auxílio e vouchers até parques públicos de locação e parcerias entre governos, sociedade civil e iniciativa privada. O objetivo, segundo as pesquisadoras, não é defender qualquer política baseada no aluguel, mas identificar formatos capazes de ampliar o acesso à moradia sem reproduzir a lógica especulativa do mercado imobiliário, aproveitando melhor o estoque de imóveis existente.

Além do levantamento comparativo, o estudo já contribuiu para aprimorar normas do Programa de Locação Social de São Paulo e para discussões sobre a regulação do mercado de aluguel e plataformas de locação temporária. As pesquisadoras também participaram da elaboração de propostas para uma política nacional de locação social no âmbito do PlanHab 2040.

### O aluguel social como aposta

Diferentemente dos programas voltados à compra da casa própria, o aluguel social prevê acesso a moradias oferecidas pelo poder público, que podem ser de propriedade pública ou privada, com a cobrança de um aluguel a preços acessíveis.

O formato atende grupos que costumam ficar à margem das políticas tradicionais de financiamento habi-

tacional, como jovens, pessoas em situação de rua e famílias de baixa renda. “Há pessoas para quem a casa própria não é a melhor solução”, afirma Claudia Acosta, professora da Fundação Getúlio Vargas e pesquisadora do FGV Cidades, Centro de Ciência para o Desenvolvimento (CCD), apoiado pela FAPESP. “Se uma pessoa com 60 anos entra no programa Minha Casa, Minha Vida, com 75 anos ainda estará no financiamento. Isso não tem sentido”, diz.

Para Acosta, a casa própria pode ainda ser uma espécie de âncora, limitando a mobilidade urbana quando está localizada em áreas distantes dos empregos e serviços. “O aluguel pode ser uma ferramenta de inclusão social também por manter as pessoas mais próximas das oportunidades”, diz.

A possibilidade de manter populações de baixa renda em regiões centrais aparece como um dos principais argumentos em defesa do aluguel social. Segundo Francisco Comaru, professor da Universidade Federal do ABC e coordenador do Laboratório de Justiça Territorial (LabJuta), muitos moradores de cortiços pagam um valor alto para morar no centro da cidade, ainda que em condições precárias.

“São funcionários de lojas, de bares e de restaurantes, empregadas domésticas, trabalhadores da construção ci-

vil e ambulantes. Quando empurrados para a periferia, têm a sua qualidade de vida prejudicada, além de gerar impacto no meio ambiente, no trânsito e na própria saúde”, explica.

Para o pesquisador, políticas permanentes de aluguel social também ajudam a conter processos de expulsão da população de baixa renda das áreas valorizadas da cidade. “É uma maneira de retirar essas moradias do mercado privado e da precificação que ele impõe, mantendo as pessoas de baixa renda em áreas bem servidas por infraestrutura, emprego e serviços”, aponta Comaru.

Modelos de aluguel social são utilizados em diferentes países desde o pós-guerra, especialmente na Europa, em lugares como Reino Unido, França, Itália e Suíça. Na América Latina, Uruguai, Argentina, Chile e México também praticam o modelo de habitação pública para locação. Em vários deles, a locação social integra permanentemente as políticas habitacionais e convive com programas de acesso à casa própria.

### Uma política antiga que nunca ganhou escala

Apesar de vigente desde 2002, o Programa de Locação Social de São Paulo nunca ganhou escala, ainda que apresente bons índices de acesso e permanência, segundo a pesquisa do LabCidade. Entre os fatores apontados estão a descontinuidade do programa entre diferentes gestões e a preferência histórica por políticas voltadas à casa própria. Nos últimos anos, essa tendência foi reforçada por programas de financiamento habitacional, como o Minha Casa, Minha Vida, criado em 2009 no âmbito do governo federal, e por arranjos baseados em parcerias com a

### O que é PlanHab 2040

Estratégia organizadora da Política Nacional de Habitação do Governo Federal. Com estudos técnicos do Ipea, o plano reúne um diagnóstico dos principais problemas habitacionais do país, cenários e propostas organizados em eixos estratégicos, além de metas para ampliar o acesso à moradia adequada.

iniciativa privada, como o programa Pode Entrar, criado pela prefeitura de São Paulo em 2021.

Hoje, a cidade de São Paulo conta com apenas 937 unidades no formato de locação social. No modelo paulistano, os imóveis pertencem ao poder público e são alugados para pessoas em situação de vulnerabilidade por valores que não podem ultrapassar um percentual de sua renda — entre 10 e 15%, a depender da categoria de beneficiário e do total da renda familiar.

Débora Sanches é professora de arquitetura e urbanismo na Universidade Presbiteriana Mackenzie e participou da conceituação e implementação da política. “O programa deu origem a habitações como o Residencial Olarias, no Canindé, e a Vila dos Idosos, no Pari. A partir do momento em que tiveram moradia digna, muitas pessoas voltaram a estudar e tiveram acesso a melhores empregos. Ter um endereço impacta a autoestima das pessoas e suas condições de vida”, afirma Sanches.

Parte dessas unidades, porém, pode deixar de integrar o programa nos próximos anos. De acordo com Perre, servidora da Sehab-SP e arquiteta responsável pela parceria com o LabCidade no projeto, dois dos sete empreendimentos do modelo serão desvinculados do programa e a propriedade das unidades será transferida aos beneficiários. Juntos, eles representam mais da metade das habitações no programa de aluguel social do município.

“No caso do Parque do Gato, no Bom Retiro, e do Residencial Olarias, a desvinculação foi aprovada por uma resolução do Conselho Municipal de Habitação, e a propriedade será transferida sem custo para os moradores”,

## Composição do déficit habitacional na cidade de São Paulo

| MODALIDADE                 | NÚMERO             |
|----------------------------|--------------------|
| Cortiços (região central)  | 18 mil moradores   |
| Pessoas em situação de rua | 31,8 mil moradores |
| Domicílios em favelas      | 399 mil domicílios |
| Lotes irregulares          | 385 mil lotes      |

Fontes: Censo dos cortiços da região central (Sehab, 2022); censo da população em situação de rua (SMADS-SP, 2022); Habitasampa dados (maio/2026)

## Unidades habitacionais (UH) na modalidade de aluguel social em São Paulo

| EMPREENDIMENTO            | Nº DE UHS  |
|---------------------------|------------|
| Asdrúbal do Nascimento II | 34         |
| Asdrúbal do Nascimento    | 40         |
| Senador Feijó             | 45         |
| Palacete dos Artistas     | 50         |
| Residencial Olarias       | 137        |
| Vila dos Idosos           | 145        |
| Parque do Gato            | 486        |
| <b>TOTAL</b>              | <b>937</b> |

Fonte: Rodrigues et al.; Anais do XXI Encontro Nacional da Anpur, 2025

explica. Segundo a arquiteta, o órgão perdeu o domínio sobre as unidades, sobretudo por causa do tráfico de drogas na região, e não conseguia mais fazer a manutenção delas.

### Auxílio-aluguel e precarização

Em paralelo ao programa de locação social, São Paulo mantém uma política de auxílio-aluguel voltada a famílias removidas de áreas de risco ou atingidas por obras públicas. Em março deste ano, 29 mil famílias recebiam o benefício.

De acordo com a pesquisadora Isadora Guerreiro, que integra o LabCidade, o maior volume de famílias removidas e atendidas pelo auxílio em São Paulo atualmente está concentrado na zona sul da cidade, com um número expressivo de casos vindos do Programa Mananciais. O projeto da Sehab-SP teve início nos anos 1990 na região da bacia hidrográfica de Guarapiranga, promovendo ações para a regularização fundiária de favelas e núcleos na região. Hoje, o programa também atua na bacia Billings, na mesma zona da cidade.

Guerreiro, no entanto, alerta sobre os problemas do modelo. “Ele não atende à necessidade de moradia das famílias: a prefeitura não sabe onde elas vão morar, e vemos que a maioria acaba em imóveis precários alugados de maneira informal, sob a ameaça de despejo”, conta.

Segundo a pesquisadora, as famílias muitas vezes saem de casas em que investiram dinheiro e vão para lugares piores, pagando aluguel. “Isso não pode ser considerado uma política habitacional”, afirma. A crítica ilustra uma das questões centrais do debate habitacional: oferecer um benefício temporário não necessariamente garante um acesso estável à moradia. ●



Amili/Shutterstock

# Plataforma que simula desequilíbrios quer antecipar o risco de quedas em idosos

Com sensores, jogos interativos e realidade virtual, tecnologia brasileira busca tornar mais precisa a avaliação do risco de quedas e orientar tratamentos personalizados

\* Por **Fernanda Bassette**

Uma plataforma criada por pesquisadores da Universidade de Mogi das Cruzes (UMC), no interior de São Paulo, pretende ajudar a prevenir quedas em idosos ao simular situações reais de desequilíbrio e analisar, em tempo real, como o cérebro, os músculos e o corpo reagem. A tecnologia, desenvolvida ao longo de mais de dez anos de pesquisa com apoio da FAPESP — dos estudos iniciais, na linha de Auxílio à Pesquisa, ao protótipo, na linha de Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE) —, combina sensores, realidade virtual e jogos interativos e agora se prepara para chegar ao mercado por meio da startup Kerygma Technology, incubada na própria universidade.

As quedas estão entre as principais causas de internação, perda de autonomia e morte em idosos. A prevalência desses acidentes na população idosa residente em áreas urbanas é de 25%, de acordo com a última edição

do Estudo Longitudinal da Saúde dos Idosos Brasileiros (Elsi-Brasil), financiado pelo Ministério da Saúde. Entre pessoas com mais de 80 anos, o dado é ainda mais alarmante: quatro em cada dez pessoas sofrem esse tipo de acidente anualmente. Além das fraturas e hospitalizações, as quedas frequentemente levam à perda de independência, ao medo de caminhar e ao isolamento social.

Segundo Daniela Cristina Carvalho de Abreu, fisioterapeuta especialista em gerontologia e professora da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP), o cenário é preocupante porque a sociedade continua tratando a queda como algo “normal” ao envelhecimento. “Hoje entendemos a queda como um evento sentinela. Quando ela acontece, provavelmente várias alterações já vinham ocorrendo. Ela é a bandeira vermelha de que alguma coisa deixou de funcionar adequadamente.”

Foi justamente diante desse cenário que o engenheiro da computação Alessandro Pereira da Silva, líder do Laboratório de Ambientes Virtuais e Tecnologia Assistiva (Lavita), da UMC, começou a desenvolver a tecnologia, em 2012. Ele conta que a ideia surgiu de uma inquietação em relação aos métodos tradicionais usados para avaliar o equilíbrio. “Na época, o estudo era feito em uma plataforma estática e o paciente era o elemento de desequilíbrio. O terapeuta precisava pedir para a pessoa inclinar um pouco para a frente, um pouco para trás. No mundo real, no entanto, é o chão que muda, é o ambiente que gera o desequilíbrio”, explica.

## **UMA PLATAFORMA DA UMC SIMULA DESEQUILÍBRIOS REAIS COM SENSORES, REALIDADE VIRTUAL E JOGOS PARA PREVER QUEDAS EM IDOSOS — FRUTO DE DEZ ANOS DE PESQUISA COM APOIO DA FAPESP**

A solução encontrada foi criar uma plataforma capaz de se movimentar em diferentes direções e inclinações, simulando situações reais de instabilidade.

### **Simular o desequilíbrio para entender o corpo**

A simulação não acontece apenas pelo movimento da plataforma. Para tornar os exercícios mais próximos de situações do cotidiano e estimular a adesão ao tratamento, os pesquisadores incorporaram recursos de realidade virtual e gameterapia. Nos jogos desenvolvidos pela equipe, o paciente permanece em cima da plataforma enquanto controla movimentos dentro de ambientes virtuais. Em um dos cenários, por exemplo, o usuário navega por um rio e precisa deslocar o corpo lateralmente para coletar objetos. Quando surgem quedas-d’água no ambiente virtual, a plataforma se inclina na mesma direção do cenário exibido nos óculos de realidade virtual.

“O sistema responde ao jogo. Quando o cenário inclina, a plataforma vai junto. Isso aumenta a imersão e nos permite avaliar como o cérebro e os músculos respondem ao desequilíbrio”, conta Silva.

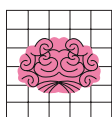
Enquanto isso, sensores registram continuamente como o corpo reage aos estímulos. O equipamento, que avalia quatro músculos da perna — que são chave para entender a chamada estratégia do tornozelo na correção dos desequilíbrios —, rotaciona até 25 graus para a frente, para trás e para os lados, com velocidade máxima de 7 graus por segundo, enquanto o sistema capta uma série de informações do paciente em tempo real.

Um dos parâmetros analisados é o centro de pressão (COP), indicador que mostra como o corpo distribui o peso para se equilibrar. O sistema também mede a velocidade de

## Como funciona a plataforma que simula desequilíbrios

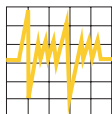
A tecnologia combina uma plataforma móvel, realidade virtual e sensores para avaliar como o corpo, os músculos e o cérebro reagem a situações de desequilíbrio

### O QUE MEDE



#### EEG

Atividade cerebral pelo eletroencefalograma



#### EMG

A ativação muscular por meio da eletromiografia



#### CENTRO DE PRESSÃO (COP)

Indicador que mostra como o corpo distribui o peso para manter o equilíbrio

### AValiação TRADICIONAL

- Paciente produz o movimento
- Avaliação estática
- Poucos parâmetros
- Medidas isoladas
- Observação clínica

### NOVA PLATAFORMA

- Plataforma produz o movimento
- Situações dinâmicas
- Múltiplos parâmetros
- Dados sincronizados
- Relatório automático



#### ANTES

- Controle antecipatório
- O cérebro percebe o risco e prepara o corpo



#### DEPOIS

- Controle compensatório
- O corpo tenta recuperar a estabilidade para evitar a queda

deslocamento corporal, a distribuição da carga corporal, a ativação muscular por meio da eletromiografia (EMG) e a atividade cerebral pelo eletroencefalograma (EEG).

“Conseguimos identificar, por exemplo, se a pessoa descarrega mais peso no lado direito do corpo do que no esquerdo. Isso pode indicar fraqueza muscular, alterações vestibulares ou compensações posturais importantes”, diz Silva. Segundo ele, a EMG analisa a ativação elétrica dos músculos estabilizadores envolvidos no equilíbrio postural, enquanto o EEG identifica como o cérebro responde ao desequilíbrio.

A plataforma trabalha justamente com dois mecanismos fundamentais do equilíbrio: o controle antecipatório e o compensatório. O primeiro ocorre antes da perda de estabilidade, quando o cérebro percebe que um desequilíbrio pode acontecer e prepara o corpo para reagir. Já o compensatório entra em ação depois da instabilidade, tentando evitar a queda. Um dos diferenciais da tecnologia, segundo Silva, é a sincronização de todos esses dados em uma mesma linha temporal.

“Muitas plataformas coletam esses dados de forma isolada. O diferencial da nossa é que tudo é registrado de forma sincronizada. Isso diminui o viés metodológico para pesquisa e pode gerar futuramente um sistema preditivo de risco de queda”, afirma.

Segundo Sandra Maria Sbeghen Ferreira de Freitas, professora da Universidade Cidade de São Paulo (Unicid) e especialista em controle do movimento humano e biomecânica, plataformas de força são amplamente utilizadas em pesquisa para avaliação do equilíbrio e da oscilação postural, mas a integração simultânea de diferentes tecnologias ainda é um desafio. “Plataformas de força,



**Muitas plataformas coletam esses dados de forma isolada. O diferencial da nossa é que tudo é registrado de forma sincronizada. Isso diminui o viés metodológico para pesquisa e pode gerar futuramente um sistema preditivo de risco de queda**

Alessandro Pereira da Silva, engenheiro da computação e líder do Laboratório de Ambientes Virtuais e Tecnologia Assistiva (Lavita), da Universidade de Mogi das Cruzes (UMC)

eletromiografia e estudos combinando esses equipamentos já existem. O diferencial desse parece estar em sincronizar tudo em um mesmo sistema e transformar isso em uma ferramenta aplicável para o profissional”, afirma.

#### **Do diagnóstico à prevenção**

Para Abreu, da FMRP-USP, a primeira etapa é estratificar o risco de queda. “E isso precisa ser simples, rápido e de baixo custo. Não adianta depender de uma ferramenta cara para fazer a triagem populacional”, pondera, ao ressaltar que, atualmente, as sociedades científicas internacionais recomendam que toda pessoa idosa passe ao menos uma vez por ano por uma triagem de risco de quedas, o que ainda não acontece de forma rotineira.

A fisioterapeuta explica que a avaliação é simples: “Basicamente, fazemos três perguntas: se a pessoa caiu no último ano, se tem preocupação em cair e se sente instabilidade para andar ou realizar atividades. Depois aplicamos um teste rápido de mobilidade ou velocidade da marcha. Em menos de cinco minutos é possível classificar esse paciente como tendo baixo, moderado ou alto risco de queda”.

Na sua avaliação, ferramentas mais avançadas, como a plataforma, entram em uma segunda etapa para aprofundar a avaliação de pessoas idosas com histórico de quedas ou maior risco de novos episódios, que se beneficiam de uma melhor compreensão dos fatores associados a essa condição. “A plataforma integra informações sobre aspectos musculares, neurais e biomecânicos e isso personaliza os treinamentos e tratamentos”, diz Abreu, esclarecendo que, muitas vezes, uma intervenção funciona para um paciente e não para outro porque as necessidades são diferentes. “Quanto mais preciso é o diagnóstico, mais direcionada tende a ser a intervenção.”

O fisioterapeuta Tabajara de Oliveira Gonzalez, integrante do grupo de pesquisa da UMC, afirma que a tecnologia surge justamente para preencher essa lacuna. “A plataforma foi pensada para responder ao desafio do envelhecimento da população. Queda em idosos é um problema de saúde pública no mundo inteiro. Você tem lesões associadas, óbitos, pacientes que ficam acamados, gerando custos para o sistema de saúde e sem um trabalho preventivo efetivo”, afirma.

Segundo Gonzalez, embora os idosos sejam um dos principais focos das pesquisas, a plataforma pode futuramente atender diferentes perfis de pacientes com alterações de equilíbrio, incluindo pessoas com doenças neurológicas, problemas vestibulares (associados à audição), amputações, obesidade e até mesmo atletas em reabilitação. “Você pode ter um paciente amputado que não distribui adequadamente o peso entre os lados do corpo, uma criança com déficit cognitivo ou um atleta voltando de lesão. São muitos os públicos possíveis”, diz.

Freitas diz, porém, que tecnologias desse tipo estão concentradas em universidades, laboratórios de pesquisa e grandes centros de reabilitação. “Essas avaliações exigem processamento de dados, interpretação especializada e equipamentos de alto custo. Por isso, existem desafios para transformar tudo isso em algo amplamente acessível no dia a dia clínico”, pondera.

Apesar dos recursos de realidade virtual, os pesquisadores ressaltam que a tecnologia não pretende substituir o tratamento fisioterapêutico. “Quem propõe o tratamento é o profissional. O sistema permite que o fisioterapeuta controle velocidade, inclinação e dificuldade e escolha jogos específicos de acordo com a necessidade de cada paciente”, afirma Silva.

Abreu destaca que o treinamento físico continua sendo a principal ferramenta para a prevenção de quedas. “O exercício físico é a base de tudo. E quanto mais o treino trabalha equilíbrio, força e mobilidade juntos, maior o impacto na prevenção.” Para a especialista, o grande desafio agora é transformar o conhecimento científico em política pública. “Precisamos conscientizar a população, capacitar os profissionais de saúde e criar linhas de cuidado para a pessoa idosa. Se conseguirmos identificar precocemente quem começa a perder equilíbrio, força e mobilidade, podemos intervir antes de a queda acontecer.”

### **Da pesquisa ao mercado**

O engenheiro eletricitista André Roberto Fernandes da Silva, que também participou do desenvolvimento da tecnologia durante o doutorado em engenharia biomédica na UMC, destaca que a equipe trabalhou desde o início para garantir testes seguros. “Demos muita atenção para oferecer segurança também para quem usa. A plataforma possui sistemas de sustentação, barras de apoio

e cintos de proteção para ampliar o uso mesmo em pessoas com comprometimento importante de equilíbrio.”

Ao final da avaliação, o sistema gera automaticamente um relatório em PDF com os dados coletados, informações clínicas do paciente e sugestões terapêuticas. A expectativa é avançar para uma nova etapa com o apoio da inteligência artificial (IA). “O hardware e o software básico estão prontos. O próximo passo é desenvolver uma plataforma de dados com IA capaz de integrar todas essas informações e auxiliar na construção de modelos preditivos de risco de queda. Para isso, precisamos ampliar os testes humanos para validar melhor esses modelos”, afirma Fernandes da Silva.

Agora o objetivo é transformar o protótipo acadêmico em um produto disponível. “Nós já temos um protótipo funcional pronto para comercialização. Queremos ampliar os testes fora do ambiente universitário e levar a plataforma para clínicas, hospitais e centros de reabilitação. Se conseguirmos avançar, acreditamos que em cerca de um ano e meio será possível escalar o produto para o mercado”, conclui o engenheiro. ●

# A CIÊNCIA ESTÁ MAIS INTELIGENTE OU MAIS ARTIFICIAL COM A IA?

O maior estudo já realizado sobre o impacto da inteligência artificial na produção científica revela um paradoxo: pesquisadores que usam IA publicam mais, são mais citados e chegam mais cedo à liderança, mas a ciência, como empreitada coletiva, está estreitando seus horizontes

\* Por **Tiago Jokura**

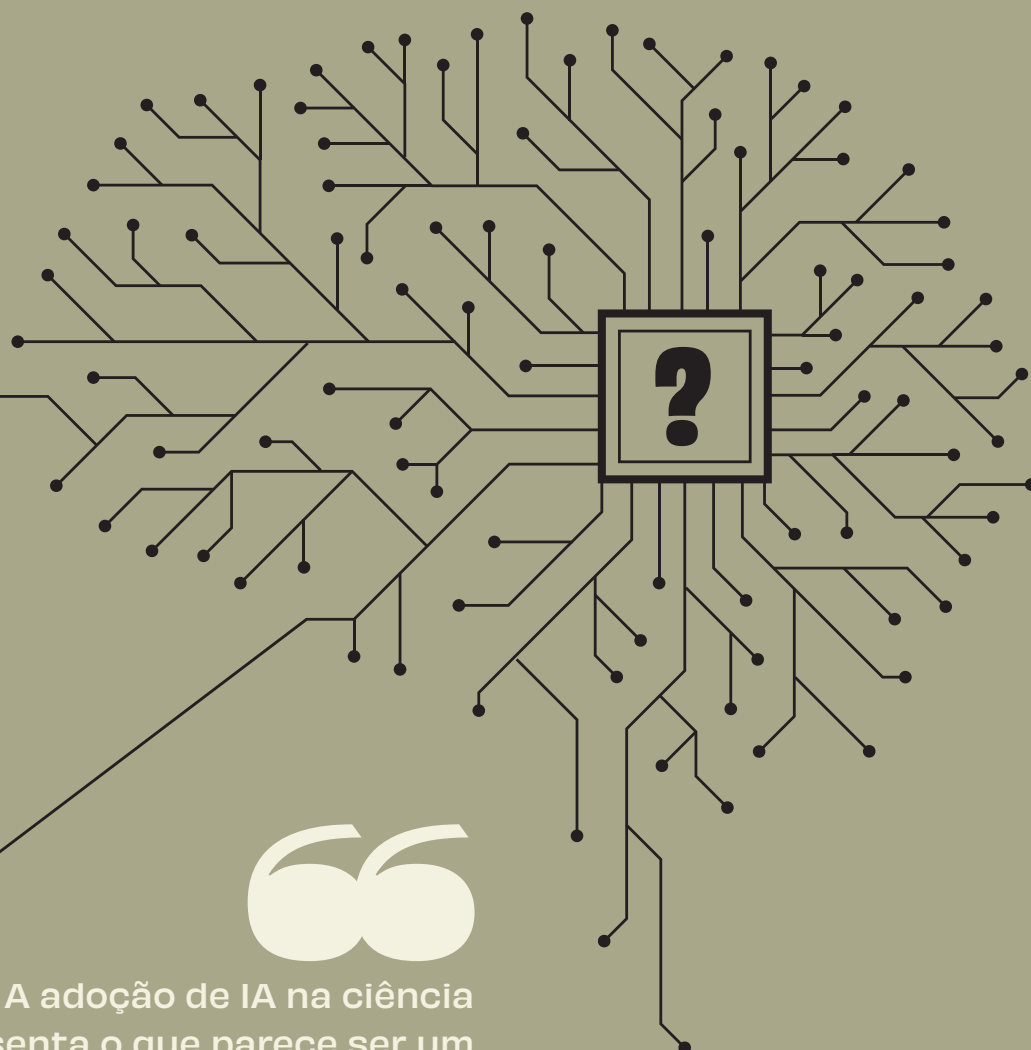
Em janeiro de 2026, a *Nature* publicou um estudo dos mais abrangentes e robustos sobre a influência da inteligência artificial (IA) na produção de ciência. Pesquisadores da Universidade de Tsinghua, na China, e da Universidade de Chicago, nos Estados Unidos, analisaram 41,3 milhões de artigos científicos, publicados entre 1980 e 2025, em seis grandes áreas das ciências naturais: biologia, ciências dos materiais, física, geologia, medicina e química.

Os resultados são positivos para quem adota IA em seus estudos: pesquisadores desse grupo publicam, em média, três vezes mais artigos e recebem quase cinco vezes mais citações do que os demais. A prática também acelera a

carreira dos cientistas, que assumem a liderança de projetos mais cedo. A conclusão mais simplória é a de que a IA torna os cientistas mais produtivos, mais visíveis e mais influentes.

No entanto, o estudo também mostra que a ciência, como construção coletiva, encolheu quase 5% em amplitude temática desde a disseminação da IA e gera 22% menos engajamento cruzado. Traduzindo: há mais cientistas publicando mais sobre menos assuntos, e esses trabalhos provocam menos conversas entre os pares.

“Fiquei surpreso com a menor probabilidade de a IA gerar novos engajamentos”, afirma James Evans, professor



A adoção de IA na ciência apresenta o que parece ser um paradoxo: uma expansão do impacto dos cientistas como indivíduos, mas uma contração no alcance da ciência coletiva

James Evans, professor de sociologia e ciência de dados na Universidade de Chicago e diretor do Knowledge Lab

de sociologia e ciência de dados na Universidade de Chicago, diretor do Knowledge Lab e um dos autores do artigo. “Pensei que essa tendência pudesse mudar ao longo do tempo que o estudo abrange, mas ela continua valendo para modelos recentes de IA.”

### **Mais produção, menos diversidade**

O estudo divide a história da IA em três eras: a do aprendizado de máquina clássico (*machine learning*), de 1980 a 2014; a do aprendizado profundo (*deep learning*), de 2015 a 2022; e a da IA generativa, de 2023 em diante. Em todas elas, o padrão se repete: o cientista que adota IA ganha em produtividade individual, mas a ciência como um todo perde em diversidade temática.

Para medir essa perda, os autores desenvolveram o conceito de “extensão do conhecimento”, uma medida da variedade de temas explorados por um conjunto de artigos. Quando comparados em amostras aleatórias, os estudos que usam IA cobrem um espaço temático quase 5% menor do que os que não usam. E isso vale para mais de 70% das mais de 200 subáreas do conhecimento analisadas no estudo.

Uma das explicações para esse resultado é a disponibilidade de dados. A IA funciona melhor onde há mais dados estruturados para treinar modelos e validar previsões. Isso pode atrair pesquisadores para campos já maduros, com padrões e referências consolidados, em detrimento de questões menos estabelecidas e, portanto, “arriscadas”.

“Acelerar a atividade científica sob a luz lançada por fenômenos de alta visibilidade e ricos em dados afasta a ciência de questões fundamentais e a empurra em direção a questões operacionais”, pontuam os autores no artigo. “A IA parece impulsionar a solução de problemas, em vez de gerá-los”, completam.

Os resultados apresentam a seguinte lógica: se publicar com IA garante mais citações e mais visibilidade, o incentivo para adotar a tecnologia cresce. Quando mais pesquisadores se voltam para os mesmos campos — os mais ricos em dados e aqueles em que o uso da IA já é mais consagrado —, a atenção passa a se concentrar em poucos trabalhos de destaque. O estudo mede essa desigualdade



**Uma coisa é usar a IA para  
aumentar a produtividade  
em tarefas que o  
pesquisador já domina.  
Outra é aprender  
a fazer ciência usando  
IA desde o início**

Helder Nakaya, pesquisador  
sênior do Einstein Hospital  
Israelita e professor da  
Faculdade de Ciências  
Farmacêuticas da USP

com o índice de Gini, que vai de 0 (distribuição perfeitamente equilibrada) a 1 (concentração máxima). Entre os artigos que usam IA, as citações recebidas se acumulam mais: 22% dos papers (artigos) mais citados abocanham 80% de todas as menções, o que leva o índice a 0,75. Entre os artigos que não usam IA, a atenção se distribui de forma mais espalhada, e o índice fica em 0,69. Ou seja, na ciência feita com IA, alguns poucos estudos concentram uma fatia desproporcional da atenção.

Evans chama isso de “multidão solitária”: artigos que se voltam para os mesmos tópicos populares, mas que interagem menos entre si. “A adoção de IA na ciência apresenta o que parece ser um paradoxo: uma expansão do impacto dos cientistas como indivíduos, mas uma contração no alcance da ciência coletiva”, opina.

Fabio Cozman, diretor do Centro de Inteligência Artificial da USP (C4AI), apoiado pela FAPESP, por outro lado, considera outras possibilidades. “A IA é uma ferramenta útil e poderosa. Se ela for usada para ficar repetindo soluções, ela vai, sim, aumentar a sobreposição”, afirma. “Mas cabe a nós, à comunidade acadêmica e também aos órgãos de financiamento, ter uma política agressiva que valorize a originalidade. Isso vai forçar os pesquisadores a usar as ferramentas de IA como suporte para a busca de novas ideias.”

### Dilemas para jovens cientistas

Há outra dimensão da adoção de IA na produção acadêmica que levanta um questionamento entre os pesquisadores ouvidos pela reportagem: o que acontece com os jovens cientistas, que deveriam aprender realizando tarefas que agora a IA executa?

O estudo descreve que equipes de pesquisa que usam IA tendem a ter menos pesquisadores — sobretudo em início de carreira. O número médio de cientistas juniores em equipes que não trabalham com IA é de 2,89. Já em equipes que aplicam IA na pesquisa, a quantidade é de 1,99 (31% a menos). Considerando pesquisadores seniores, a discrepância é menor: média de 4,01 em times que adotam IA e de 3,58 em times que não adotam. Em outras palavras: proporcionalmente, a IA substitui mais iniciantes do que veteranos.

Ao mesmo tempo, cientistas iniciantes que trabalham com IA têm 45% de chance de se estabelecer na carreira, uma taxa 13,64% superior à dos pares que não usam a tecnologia. “Meu medo não é que os jovens dependam da IA para executar a parte técnica, mas que ela cause uma dessensibilização neles”, comenta Helder Nakaya, pesquisador sênior do Einstein Hospital Israelita e professor da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP.

Marcos Buckeridge, professor do Instituto de Biociências e vice-diretor do Instituto de Estudos Avançados da USP, compartilha a preocupação e vai além. Para ele, o artigo da *Nature* carrega um risco adicional: ser mal interpretado pelos pesquisadores em formação. “Ele é instrutivo e ao mesmo tempo perigoso. Pode induzir a uma utilização da IA a qualquer custo”, comenta. Afinal, se publicar com IA garante mais citações e uma carreira mais rápida, jovens cientistas pressionados pelo sistema de avaliação acadêmica têm todos os incentivos errados para adotar a tecnologia de forma irrefletida, independentemente da pertinência científica.

A questão da formação tem um aspecto ainda mais concreto. Análise de dados, revisão de literatura e planejamento de experimentos são habilidades aprendidas na prática — errando, corrigindo e refazendo. É nesse processo que surgem perguntas novas, insights inesperados e intuições que a IA ainda não oferece.

“Uma coisa é usar a IA para aumentar a produtividade em tarefas que o pesquisador já domina. Outra é aprender a fazer ciência usando IA desde o início”, afirma Nakaya. “Há estudos que indicam que o aprendizado com IA não ativa as mesmas áreas do cérebro que são estimuladas pelo aprendizado sem esse apoio.” O estudo deixa em aberto justamente o que acontece quando a tecnologia encurta — ou substitui — essas etapas fundamentais da formação científica.

“O papel do orientador será cada vez mais estimular a reflexão, em vez de se focar na técnica, que será automatizada”, diz Nakaya. “O que sobra para mim, como cientista, é a parte da curiosidade, que é o que fez a gente entrar por esse caminho.”

Buckeridge vê benefícios mais concretos. Desde 2023,

“Em relação à IA, assim como no esporte, a gente tem que antever a jogada e se mover para onde a bola vai estar, e não se aglomerar onde ela está”

**Marcos Buckeridge**

professor do Instituto de Biociências e vice-diretor do Instituto de Estudos Avançados da USP

“Cabe a nós valorizar menos a repetição e o número de publicações e valorizar aquilo que é novo, mesmo quando não deu certo, porque isso é o que é difícil na análise e no suporte à pesquisa”

**Fabio Cozman**

diretor do Centro de Inteligência Artificial da USP (C4AI)

os manuscritos de seus alunos passaram a chegar com o inglês mais polido graças à IA generativa. O biólogo vê vantagem na mudança, especialmente para pesquisadores de países que não têm o inglês como língua nativa. “Isso pode liberar o foco do pesquisador para as ideias, para os dados, para tornar a ciência melhor.” Entretanto, ele estabelece limites: “A aprendizagem pelo fazer continua sendo insubstituível”.

### **A ciência que a IA não alcança**

Evans, que além de pesquisador na Universidade de Chicago, é também pesquisador visitante no Google, acredita em uma mudança no foco de aplicação da IA na ciência. Em vez de priorizar dados existentes, o objetivo deveria ser usar a tecnologia para coletar dados novos, em territórios ainda não mapeados.

“Usar IA para impulsionar a coleta de novos dados representaria uma mudança crucial em direção a problemas que somente ela pode ajudar a resolver”, afirma Evans. “O processamento de dados já existentes demonstra que a IA tem um bom desempenho com esse tipo de informação. Contudo, é possível estimular a coleta de dados inéditos que conectem sistemas biológicos conhecidos ou que relacionem informações de escala astronômica com áreas da física que buscam pistas valiosas pelo Universo, como quem procura uma agulha no palheiro.”

Evans também trabalha em uma direção menos explorada: abrir novas dimensões nos modelos de linguagem, em vez de apenas comprimir a informação existente. “Estamos desenvolvendo modelos para reconhecer dados, afirmações ou artigos surpreendentes e, em seguida, avaliar, a partir de uma surpresa identificada, que outras ideias improváveis até então podem ser mais prováveis agora?” A lógica é a da descoberta: encontrar o que era invisível, em vez de otimizar o que já se conhece.

Segundo Cozman, da USP, “cabe a nós valorizar menos a repetição e o número de publicações e valorizar aquilo que é novo, mesmo quando não deu certo, porque isso é o que é difícil na análise e no suporte à pesquisa.”

### **O lugar humano na pesquisa**

Nakaya, que aplica o aprendizado de máquina em suas pesquisas há mais de duas décadas, desde seu doutorado, analisa que o impacto da IA na ciência seguirá três estágios. No primeiro, o atual, a tecnologia aumenta a produtividade individual. No segundo, já em curso, a IA passa a executar tarefas melhor do que os humanos, e ao cientista caberá fazer as perguntas certas e entender os gargalos. No terceiro, mais distante, a IA também formulará as perguntas, e o que sobrar para os pesquisadores será, ironicamente, aquilo que os levou à ciência em primeiro lugar: o gosto pela curiosidade. “No futuro,

**IMPACTO NA FORMAÇÃO**

Equipes que usam IA têm em média 1,99 pesquisadores juniores —

**31%**

a menos do que equipes sem IA

Jovens cientistas que usam IA têm

**45%**

de chance de se estabelecer na carreira — 13,64% a mais que aqueles que não usam

**MENOS DIVERSIDADE TEMÁTICA**

Desde a disseminação da IA, a amplitude temática da ciência encolheu

**5%**

O engajamento cruzado entre pesquisadores caiu

**22%**

Acesse o estudo citado no começo desta reportagem sobre a influência da inteligência artificial (IA) na produção de ciência



a meu ver, vai sobrar fazer pesquisa não utilitarista, mas por prazer”, diz Nakaya.

Ele também traça um paralelo com o xadrez. Em 1997, Garry Kasparov perdeu para o supercomputador Deep Blue e muita gente achou que o jogo acabaria. “Hoje, mais pessoas jogam xadrez do que antes. Temos que perder um pouco desse ego, de achar que vamos ser sempre melhores do que as máquinas. Em alguns aspectos, seremos piores. Tudo bem. Vamos usar as máquinas para melhorar a nossa pesquisa”, afirma.

Buckeridge evoca uma analogia com outro jogo ainda mais popular: o futebol. “Em relação à IA, assim como no esporte, a gente tem que antever a jogada e se mover para onde a bola vai estar, e não se aglomerar onde ela está”. O perigo, para ele, é a ciência correndo atrás “da bola” da IA e abandonando campos com menos dados, mas com questões igualmente importantes. “Vai se repetir o que aconteceu com a biologia molecular. Chegou um momento em que todo mundo foi atrás e faltou gente em bioquímica. Isso é ruim para a ciência, ruim para a produção do conhecimento. Mas é assim que o jogo é jogado”, conclui.

**Conhecimento não é entendimento**

Há uma anedota do físico americano Richard Feynman: você pode saber o nome de um pássaro em todas as línguas do mundo e continuará sem saber nada sobre o pássaro.

Em outras palavras, o conhecimento não é a mesma coisa que o entendimento. Ter acesso a toda a literatura científica via um modelo de linguagem não faz de ninguém um cientista, mas somente alguém bem informado.

O estudo de Evans e colaboradores aponta, nesse sentido, para um horizonte que vai além das métricas de produtividade. Ao final, a pergunta não é apenas quantos artigos a IA ajuda a publicar, mas o que esses artigos estão descobrindo e, mais importante, o que estão deixando de perguntar.

“Esses achados iluminam um caminho crítico e amplo para o desenvolvimento da IA na ciência”, escrevem os autores no artigo da *Nature*. “Para preservar a exploração coletiva numa era de uso de inteligência artificial, precisaremos reimaginar sistemas de IA que expandam não apenas a capacidade cognitiva, mas também a capacidade sensorial e experimental, permitindo e incentivando os cientistas a buscar, selecionar e coletar novos tipos de dados de domínios anteriormente inacessíveis, em vez de meramente otimizar a análise de dados existentes”, completam.

A história das grandes descobertas científicas, argumentam, está mais ligada a novas formas de ver a natureza do que à otimização das formas já existentes de olhar para ela. O desafio é ensinar à máquina, e aos jovens pesquisadores, o caminho da curiosidade. ●

# GARIMPANDO O SOLO ATRÁS DE **AVANÇOS TECNOLÓGICOS**

Pesquisa mostra como filossilicatos, minerais abundantes na natureza e de baixo custo, podem servir de base para novos dispositivos optoeletrônicos e nanofotônicos

\* Por **Mariella Bodemeier L. Careaga**



O talco natural é um filossilicato abundante na natureza que pode servir de matéria-prima para a obtenção de materiais bidimensionais (2D) com potencial para aplicações tecnológicas

Merial/Adobe Stock



Em 2004, Andre Geim e Konstantin Novoselov, ambos físicos da Universidade de Manchester, no Reino Unido, utilizaram uma fita adesiva comum para isolar, pela primeira vez, uma folha atômica de grafite, inaugurando uma nova classe de materiais. Conhecido como grafeno, o material conduzia eletricidade tão bem quanto o cobre, era um excelente condutor de calor e, embora sua estrutura compacta de carbono o fizesse muito denso, sua espessura ultrafina conferia extrema flexibilidade. A própria obtenção do grafeno foi considerada um feito surpreendente na época, dado que era impensável que materiais cristalinos formados por apenas uma camada atômica fossem estáveis. Tamanho foi o impacto da descoberta que, seis anos após a obtenção do grafeno, a dupla foi agraciada com o Nobel de Física.

Embora mais de duas décadas tenham se passado desde a descoberta de Geim e Novoselov, cientistas continuam explorando essa nova classe de materiais, conhecida como bidimensionais (2D) ou lamelares. Eles consistem em uma ou poucas camadas atômicas e exibem comportamentos físicos que muitas vezes desaparecem em suas formas tridimensionais, ampliando o leque de potenciais aplicações tecnológicas.

A física Ingrid Barcelos, pesquisadora do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), parte do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), integra um dos grupos brasileiros dedicados ao estudo desses materiais. A pesquisa de Barcelos é centrada no estudo de materiais 2D derivados de filossilicatos, minerais encontrados na natureza, e conta com financiamento da FAPESP. Segundo a física, embora os filossilicatos sejam abundantes, eles ainda são pouco estudados. A pesquisadora ressalta que, devido ao seu baixo custo quando comparados a materiais 2D sintéticos, esses minerais se apresentam como opções acessíveis para aplicações tecnológicas. Além de serem potencialmente mais sustentáveis, já que têm

origem natural e não são processados, causam menor impacto ambiental ao serem descartados.

### Do grafeno aos minerais naturais

Os filossilicatos são formados pela combinação de átomos de silício e oxigênio, que se organizam estruturalmente em camadas empilhadas, formando o mineral. Assim como Geim e Novoselov, Barcelos utiliza fitas adesivas para esfoliar, ou seja, separar mecanicamente as camadas desses minerais, produzindo flocos de espessuras nanométricas. Segundo a pesquisadora, a separação desses materiais em camadas ultrafinas só é possível porque as interações entre as diferentes camadas sobrepostas são fracas o suficiente para permitir a separação, enquanto as ligações entre os átomos de cada camada são fortes o suficiente para manter a integridade delas. “É como se você tivesse um pacote de folhas A4 em que você consegue tirar folha por folha. E cada folha é uma camada atômica”, explica.

Barcelos conta que os filossilicatos possuem características físicas que conferem propriedades de isolantes elétricos a esses materiais. Segundo ela, no universo de materiais 2D, poucos apresentam esse comportamento, e um dos mais utilizados, o nitreto de boro hexagonal,

apresenta um custo elevado para a obtenção com alta qualidade cristalina e produção concentrada em poucos locais no mundo, o que limita o acesso a ele.

Essas razões reforçam a necessidade de identificar e estudar novos materiais 2D com propriedades isolantes, aponta Leandro Malard, professor da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). “A ideia é que, se você tiver um material abundante e barato o suficiente, e

### Luz e matéria em escala atômica

Usando grafeno e filossilicatos, minerais naturais e abundantes no Brasil, o projeto busca criar dispositivos optoeletrônicos e emissores quânticos de fótons únicos, de baixo custo e alto desempenho.

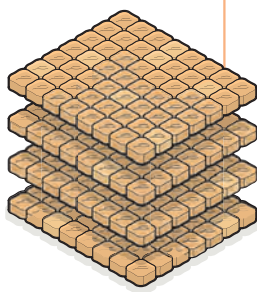
**A PEDRA-SABÃO, ROCHA ABUNDANTE EM MINAS GERAIS COM QUE ALEIJADINHO ESCULPIU NOS SÉCULOS 18 E 19 OBRAS QUE AINDA PODEM SER VISITADAS, É FEITA SOBRETUDO DE TALCO, MINERAL QUE AGORA DÁ ORIGEM A UM MATERIAL 2D**

## Nanotecnologia vinda do solo

Minerais lamelares abundantes na natureza e de baixo custo podem servir de base para novos dispositivos fotônicos e optoeletrônicos

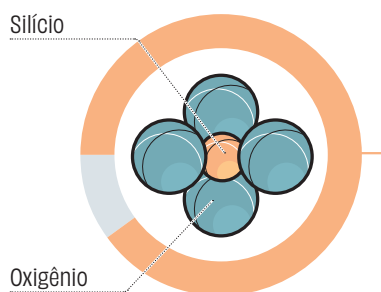
### COMO NASCE UM MATERIAL 2D

A composição química dos materiais 2D faz com que seus átomos se organizem naturalmente em **camadas empilhadas**



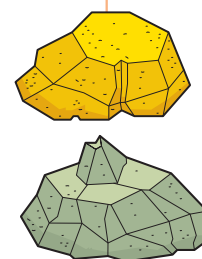
### SILICATOS

Minerais formados pela combinação dos elementos químicos silício e oxigênio compõem até **90% da crosta terrestre**

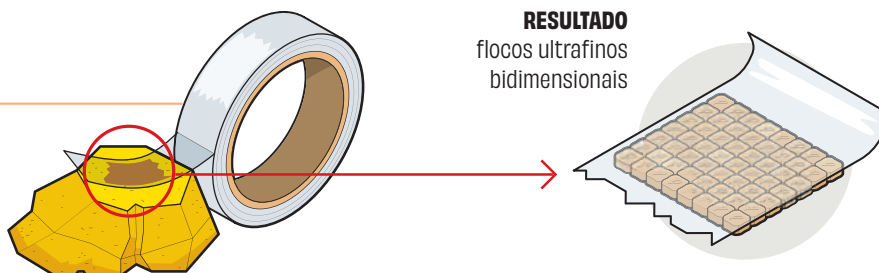


### FILOSSILICATOS

São uma classe de silicatos que inclui minerais como o **talco (pedra-sabão)** e o **clinocloro**

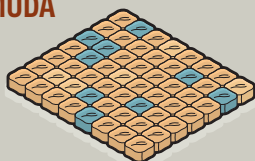


Como interagem fracamente entre si, estas camadas podem ser separadas com uma **fita adesiva comum**



**RESULTADO**  
flocos ultrafinos  
bidimensionais

### O QUE MUDA



Quando reduzidos a apenas uma ou poucas camadas atômicas, esses materiais passam a exibir propriedades físicas diferentes das observadas em sua forma tridimensional

### APLICAÇÕES FUTURAS



#### Circuitos eletrônicos flexíveis

Permitem a criação de eletrônicos que podem ser dobrados e esticados



#### Polímeros mais resistentes

Podem ser incorporados em plásticos para aumentar a resistência



#### Dispositivos optoeletrônicos

Exploram a interação entre luz e matéria para transmitir e processar sinais



#### Chips nanofotônicos

Manipulam a luz na escala nanométrica, abrindo caminho para novas tecnologias

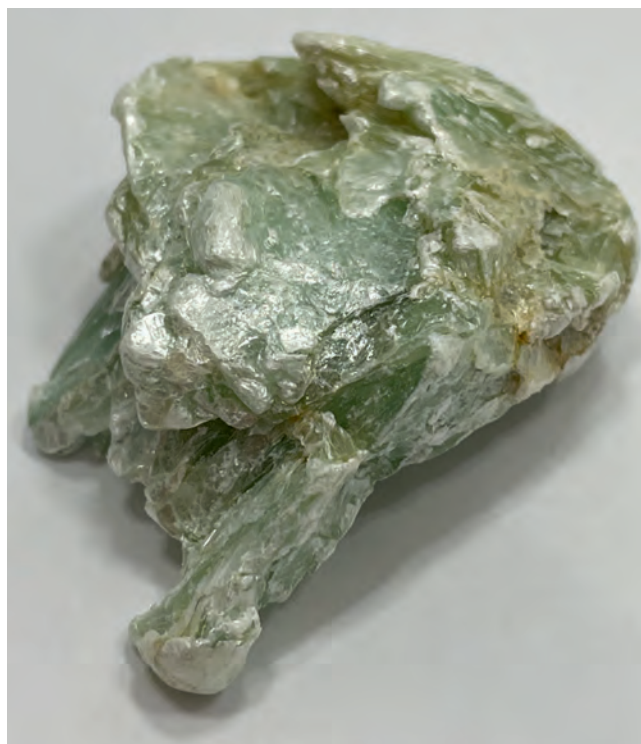
achar aplicações interessantes para ele, você poderia fazer algo em larga escala”, conta o pesquisador.

Entre os filossilicatos estudados por Barcelos está o talco, um material 2D derivado da pedra-sabão. Essa rocha, abundante na região de Minas Gerais, é utilizada na fabricação de utensílios de cozinha e, devido à sua maciez e durabilidade, foi o material de escolha do artista Aleijadinho (1738-1814) para esculpir obras nos séculos 18 e 19, que ainda podem ser visitadas. Curiosamente, o pó branco vendido na farmácia e a panela feita de pedra-sabão têm o mesmo mineral, mas não a mesma procedência: o talco farmacêutico costuma vir do metamorfismo de dolomitos silicosos (rochas sedimentares de cálcio e magnésio que incorporaram sílica), cujo processamento rende material claro e pobre em ferro, enquanto a rocha ornamental mineira carrega clorita (um silicato esverdeado rico em ferro) e carbonatos (minerais como a magnesita, formados a partir de gás carbônico) que a escurecem.

### Enxergando a luz na escala nanométrica

Em 2018, Barcelos e colaboradores publicaram um estudo na revista *ACS Photonics* que explorou as propriedades físicas do talco, isoladamente ou combinado com camadas de grafeno, revelando propriedades elétricas e ópticas interessantes para o desenvolvimento de dispositivos optoeletrônicos. Nesse trabalho, os pesquisadores empregaram a nanoespectroscopia de infravermelho, uma técnica que utiliza esse tipo de radiação para identificar a composição química dos materiais a partir das suas respostas vibracionais.

Para estudar como a luz se propaga em materiais na escala nanométrica, como é o caso do talco e de outros materiais 2D, os pesquisadores combinaram a nanoespectroscopia de infravermelho com uma técnica de ultramicroscopia conhecida como microscopia óptica de varredura no campo próximo tipo espalhamento (s-SNOM), que combina o uso do infravermelho com a microscopia de força atômica. Na técnica, uma sonda metálica de dimensões nanométricas é iluminada por radiação no infravermelho, cujo comprimento de onda varia entre 700 nanômetros (nm) e 1 milímetro (mm).



Talco em estado bruto: a estrutura lamelar e o brilho perolado revelam suas camadas atômicas empilhadas Ingrid Barcelos



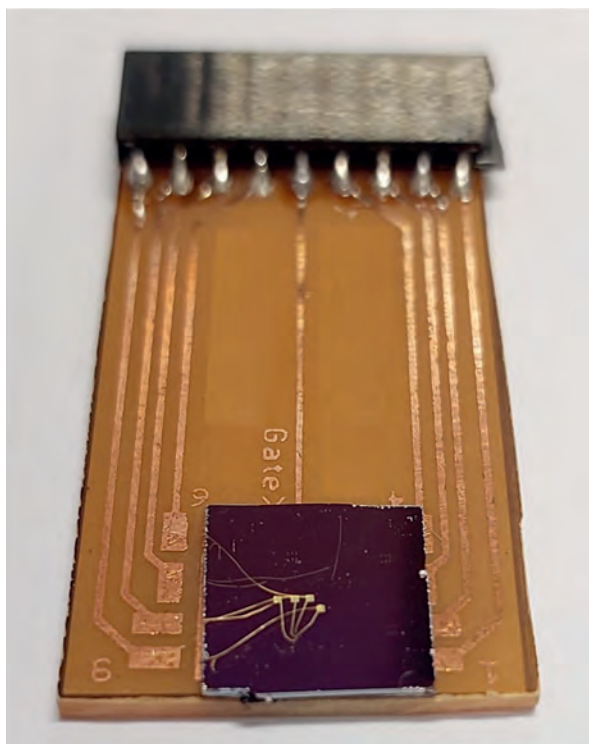
**É incrível que a técnica permita estudar esses materiais numa escala que está longe da escala macroscópica de aplicação dos materiais**

Raul Freitas, físico, colaborador de Barcelos, pesquisador e coordenador da Imbuia

Leia o estudo publicado na revista *ACS Photonics* que explorou as propriedades físicas do talco



...e também este publicado na *Nanoscale* que examinou suas propriedades ópticas



Chip com dispositivo optoeletrônico integrado, desenvolvido por Ingrid Barcelos, do LNLS-CNPq, para realizar medições elétricas e ópticas simultaneamente Acervo pessoal

Essa interação concentra a luz na ponta da sonda, permitindo investigar materiais em uma escala menor do que seria possível com microscópios ópticos convencionais. Ou seja, a técnica permite que uma radiação com comprimento de onda acima da escala nanométrica dos materiais 2D seja utilizada para estudá-los, revelando suas características ópticas, incluindo como o infravermelho se propaga dentro deles.

“É incrível que a técnica permita estudar esses materiais numa escala que está longe da escala macroscópica de aplicação dos materiais. Você começa a descobrir

propriedades que são, de fato, úteis quando se pensa em, por exemplo, desenvolver novos componentes eletrônicos”, diz o físico Raul Freitas, colaborador de Barcelos, pesquisador e coordenador da Imbuia, uma linha de luz dedicada a pesquisas de micro e nanoespectroscopia de infravermelho, no LNLS-CNPq.

Em outro estudo publicado em 2025 na revista *Nanoscale*, o grupo de pesquisadores deu continuidade ao seu trabalho de caracterização das propriedades ópticas do talco, descrevendo como o material suporta a formação de fônon-poláritons — estruturas originadas quando a luz interage intensamente com vibrações de átomos (chamadas fônons) do material.

A partir da formação dos poláritons, os pesquisadores podem observar como a luz se propaga no material, o que permitiu o estudo de propriedades fundamentais da luz no cristal de talco, conta Francisco Carlos Barbosa Maia, pesquisador do LNLS-CNPq e também colaborador de Barcelos.

As propriedades físicas apresentadas por materiais 2D ampliam o seu leque de aplicações em diversas áreas, explica Christiano de Matos, professor da Universidade Presbiteriana Mackenzie e colaborador de Barcelos. Segundo Matos, alguns materiais 2D poderiam ser utilizados no campo da eletrônica flexível, permitindo a criação de circuitos que podem ser dobrados e esticados, enquanto outros já vêm sendo incorporados em plásticos para aumentar sua resistência. Esse é o caso do grafeno, complementa Malard, que é utilizado principalmente pela indústria de polímeros e plásticos. Malard acrescenta que, diferentemente do grafeno, outros materiais 2D ainda estão em estágios incipientes de caracterização e, por isso, têm um percurso longo até serem aplicados e incorporados em produtos disponíveis para a população.

Ao investigar minerais abundantes e baratos encontrados na natureza, Barcelos amplia o conhecimento sobre uma família pouco explorada de materiais bidimensionais. Embora as aplicações práticas ainda estejam distantes, esse mapeamento pode abrir caminho para futuros dispositivos optoeletrônicos, nanofotônicos e emissores quânticos de luz. ●

# A criptografia que promete esconder dados até da nuvem

Cifras completamente homomórficas já funcionam na prática, mas ainda exigem um poder computacional além do que os *data centers* atuais podem oferecer

\* Por **Bruno Vaiano**

Toda vez que você envia um prompt ao ChatGPT, suas palavras são transformadas em um código indecifrável antes de atravessar fibras ópticas e cabos submarinos rumo aos *data centers* da OpenAI no estado do Texas, nos Estados Unidos — ou em algum outro lugar do mundo. É assim que boa parte da informação do planeta trafega: criptografada. Mas proteger dados em trânsito não resolve tudo. Em algum momento, o servidor precisa decifrar a informação para processá-la — e é justamente aí que surgem as brechas.

Em 1995, o pioneiro da segurança digital Gene Spafford resumiu o problema dizendo que “a criptografia sem um sistema íntegro equivale a investir

em um carro-forte para levar dinheiro de alguém que mora em uma caixa de papelão para outra pessoa fazendo negócios em um banco de parque”. Ou seja, proteger os dados no caminho não adianta se emissor e destinatário continuam vulneráveis.

Nos últimos 15 anos, passamos a terceirizar cada vez mais funções à nuvem, do streaming ao armazenamento de arquivos e e-mails. A banda larga permite delegar nossas demandas computacionais a esses servidores remotos, mas isso exige enviar muitos dados para empresas com termos e condições de uso intermináveis.

O número do cartão de crédito é apenas a ponta de um iceberg de informações sensíveis que não devem estar na nuvem. Imagine, por exemplo, uma IA da área médica que analisa o prontuário dos pacientes e sugere diagnósticos: uma seguradora de saúde poderia usar esses dados para investigar o histórico de quem tenta contratar o plano — e, assim, negar clientes com doenças crônicas.

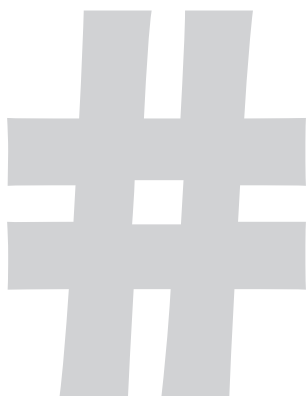
Por isso, um dos grandes objetivos da criptografia contemporânea é desenvolver um tipo de cifra que

permita a um *data center* processar dados cifrados “às cegas” e dar o resultado correto sem precisar bisbilhotar o conteúdo. O nome dessa ideia é criptografia completamente homomórfica (*fully homomorphic encryption*, ou FHE, sigla em inglês). Ela já é possível na prática — mas, no estágio atual de desenvolvimento, ainda é uma opção de milhares a milhões de vezes mais lenta do que processar a mesma informação abertamente.

Hilder Pereira é professor do Departamento de Teoria da Computação da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e uma referência nacional nessa área. Em 2025,



0110010101001001



a FAPESP aprovou um Auxílio à Pesquisa Jovem Pesquisador de cinco anos, sob sua coordenação, para avançar na teoria e nas aplicações da FHE. Pereira está na vanguarda mundial dos esforços para transformar a FHE de um campo acadêmico em algo mais próximo de uma tecnologia aplicada no dia a dia.

Fazer com que a FHE vire realidade envolve dois desafios. O primeiro é que pressionar grandes empresas por avanços em segurança digital não depende apenas de legislação ou de agências reguladoras: segundo o pesquisador, é necessário também um grau de conscientização coletivo que ainda não existe. “Quando alguém aponta uma arma para você, o perigo está na sua frente. É diferente de falar para as pessoas que empresas coletam dados da população e os usam para manipular eleições. Isso ainda soa abstrato”, diz.

O segundo é que fazer a FHE funcionar está longe de ser trivial. Do ponto de vista do computador, lidar com uma cifra completamente homomórfica equivale a resolver um cubo mágico de olhos vendados. Para entender como é possível uma máquina processar dados sem enxergá-los (e até que ponto é possível tornar esse processo mais rápido), precisamos voltar algumas casas na história da criptografia — e começar na época em que o homomorfismo ainda era entendido como uma propriedade indesejável pelos criptógrafos.

#### A brecha que virou solução

A criptografia moderna se apoia em operações matemáticas simples de executar, mas extremamente difíceis de desfazer — como fatorar números gigantesco gerados pela multiplicação de dois números primos. Esse é o princípio por trás do RSA, um dos métodos

#### O que é o Auxílio à Pesquisa Jovem Pesquisador

Modalidade que apoia projetos inovadores e estimula a atração de jovens pesquisadores com experiência internacional, oferecendo financiamento de pesquisa por cinco anos.





de criptografia mais influentes, criado em 1977. A sigla representa os sobrenomes dos criptógrafos que inventaram a técnica: Rivest, Shamir e Adleman.

Os números gigantescos da RSA são inquebráveis na prática. Mas a estrutura matemática dessa cifra é frágil de outra forma: ela permite manipular os criptogramas sem que percam seu significado no processo, ou seja, a equivalência matemática com o conteúdo que deu origem a eles.

Uma metáfora ajuda a entender. Imagine duas palavras. Uma é “pão”, a outra é “manteiga”. Em RSA, cada uma é representada por um criptograma gigante e difícil de fatorar. Porém, se um servidor multiplicar “pão” e “manteiga”, ele vai obter um criptograma que significa “pão com manteiga”. O servidor não consegue ler o conteúdo, mas a operação continua fazendo sentido. Isto é o homomorfismo: o

comportamento das multiplicações realizadas em texto claro (ou *plaintext*, em inglês) se mantém ao ser mapeado para o conjunto de dados cifrados (*ciphertext*).

No caso da RSA, apenas uma operação matemática é homomórfica: a multiplicação. Por isso, a RSA é classificada como uma cifra parcialmente homomórfica. Para computar às cegas, porém, era preciso ir além e construir uma cifra completamente homomórfica — que, além das multiplicações, permitisse também fazer somas sem mudar o conteúdo.

Nas décadas seguintes à invenção da RSA, pesquisadores tentaram ampliar esse princípio para permitir múltiplas operações matemáticas sobre dados cifrados. Em 2005, o criptógrafo israelense Dan Boneh chegou perto: criou uma cifra homomórfica para as duas operações, mas que permitia apenas uma multiplicação, embora suportasse infinitas adições. O avanço decisivo veio em 2009, quando o americano Craig Gentry, então funcionário da IBM, publicou sua tese de doutorado orientada pelo

próprio Boneh, apresentando a primeira cifra completamente homomórfica funcional.

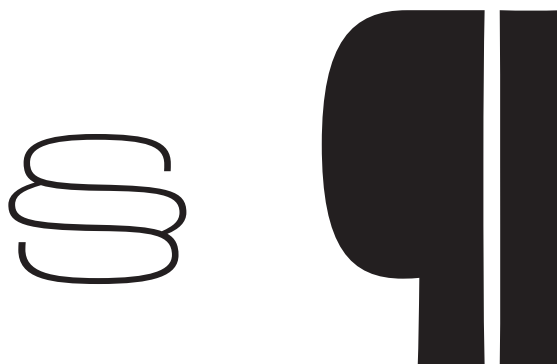
### Os limites físicos e teóricos da FHE

O problema é que as cifras homomórficas acumulam “ruído” matemático a cada operação realizada. Depois de muitas contas, esse ruído cresce tanto que pode corromper o resultado. É como a poluição por mercúrio nos oceanos: cada peixe pequeno tem um pouco desse elemento tóxico no organismo. Mas, quando um tubarão come todos eles, acaba concentrando uma quantidade muito maior do metal (um processo chamado de bioacumulação).

O que Gentry fez foi encontrar um jeito de limpar o ruído a cada ciclo de processamento de dados, técnica que batizou de *bootstrapping*. O nome vem da expressão inglesa “puxar a si mesmo pelas alças das próprias botas”, usada para descrever um procedimento recursivo.

Nesse caso, o criptograma ruidoso é processado pelas técnicas de FHE para produzir um criptograma

0110010101001001



## Como funciona a criptografia completamente homomórfica

Na modalidade, informação pode ser manipulada no servidor sem ser exposta

### CRIPTOGRAFIA HOJE

Na criptografia que usamos no cotidiano, a informação viaja cifrada. Mas, chegando ao destino, o servidor precisa descriptografar os dados e processar a informação às claras



**1** A informação é trancada antes da viagem



**2** O cofre viaja protegido pela internet até o servidor



**3** O servidor abre o cofre para acessar os dados

### CRIPTOGRAFIA COMPLETAMENTE HOMOMÓRFICA

Na criptografia completamente homomórfica, o servidor processa a informação sem precisar desfazer a criptografia. É como se os dados estivessem dentro de uma caixa lacrada — e a única opção do destinatário fosse tatear



**1** A informação é trancada antes da viagem



**2** A caixa lacrada viaja protegida pela internet até o servidor



**3** O servidor manipula o conteúdo sem abrir a caixa

equivalente, mas com ruído menor. “Isso abre portas para um número ilimitado de operações. Esse foi o grande problema que Gentry resolveu há pouco mais de 15 anos”, diz Diego Aranha, professor brasileiro que trabalha na Universidade de Aarhus, na Dinamarca, e é ex-orientador de Pereira. O *bootstrapping* é, ao mesmo tempo, o segredo da FHE e sua limitação: limpar o ruído das cifras é uma tarefa pesada, e é a razão de esse tipo de criptografia demorar tanto.

Foi apenas em meados de 2016 que as coisas começaram a parecer “razoavelmente praticáveis”, nas palavras de Pereira. O GPS é um exemplo ilustrativo do tipo de coisa que a FHE ainda não consegue fazer. O aplicativo precisa recalcular a rota em segundos quando você entra em uma rua errada, e realizar essa computação com uma cifra homomórfica poderia levar dias.

Ao problema computacional se soma um problema econômico. O mundo vive uma crise de disponibilidade de chips de silício causada pela construção acelerada de *data centers* para inteligência artificial (IA). Grande parte do poder computacional previsto para ser instalado em 2026 já está comprometida com as big techs.

“A parte infeliz é que, do ponto de vista de hardware, acelerar a FHE ou usá-la para a delegação segura de computação compete pelo mesmo hardware que a IA”, diz Aranha. “Empresas de internet que operam infraestrutura de nuvem — Amazon, Google, Microsoft — têm seu ganha-pão exatamente nisto: rodar seu código nos servidores delas. Do ponto de vista do cliente, seria melhor ter uma garantia matemática do que ver assinado um papel em que a Amazon promete não bisbilhotar.”

## Como fazer uma cifra completamente homomórfica

**1** O primeiro passo é pegar sua chave secreta, que é um código muito longo. Para não ter que escrever esse código todo, vamos representar a chave com as letras **sk**, de *secret key*

**2** Depois, multiplique essa chave por um número aleatório, também muito grande, batizado de **a**

**3** A terceira etapa é pegar o resultado dessa multiplicação e somar um valor aleatório pequeno, o ruído, ou simplesmente **r**. O ruído é o componente que torna tudo realmente indecifrável na escala de tempo humana

**4** Agora é hora de somar a mensagem em si, representada pela letra **m**, a esse número imenso

$$sk \times a + r + m$$

Uma possibilidade é reaproveitar gerações antigas de GPUs (microprocessadores) descartadas pela corrida da IA. O hardware que deixa de ser competitivo para treinar modelos de fronteira pode ajudar a acelerar pesquisas em FHE. Há startups produzindo chips dedicados à FHE. Na mesma direção, a KU Leuven — que abriga um dos grupos de hardware para criptografia mais respeitados do mundo, onde Pereira fez pós-doutorado — mantém um projeto financiado pela União Europeia.

### Da teoria à indústria

Além de trabalhar com o chão de fábrica da FHE — o que significa, por exemplo, aperfeiçoar o *bootstrapping* para torná-lo menos dispendioso —, o trabalho de Pereira também tem uma faceta teórica.

Toda cifra é construída sobre a premissa de que um problema matemático é difícil de resolver. A RSA, por exemplo, aposta que fatorar o produto de dois números primos enormes é computacionalmente inviável. Mas Pereira lembra que essa dificuldade não é necessariamente eterna. “Talvez alguém encontre um novo algoritmo de fatoração mais eficiente e rápido, que reduza o tempo de fatoração”, explica. Um de seus objetivos no projeto apoiado pela FAPESP é justamente investigar se é possível construir FHE com menos pressupostos matemáticos. Apoiar a segurança num conjunto menor de suposições reduz a vulnerabilidade da cifra caso alguma delas se revele falsa.

Para a academia, essa é a diferença entre um prédio com fundações

construídas para o grau exato de estabilidade do solo e um prédio com precauções extras, que permanece em pé mesmo que o solo se mostre menos firme do que se pensava. Os acadêmicos estão sempre se antecipando, como na criptografia pós-quântica. “Estamos nos preparando para que, se um dia existir o computador quântico, essas novas cifras pós-quânticas já sejam seguras”, explica Pereira.

A FHE é um campo de estudo bem estabelecido no mundo acadêmico. Do lado da indústria, o movimento é mais fragmentado, mas perceptível. A startup francesa Zama, por exemplo, trabalha em aplicações de *machine learning* e blockchain com FHE, tentando ocultar não apenas a identidade dos usuários, mas também os próprios fluxos financeiros.

**5** Quando o destinatário recebe a mensagem, ele consegue remover a parte do **sk x a** porque tem a chave. Mas o ruído **r** “gruda” na mensagem **m** como um chiado em uma transmissão de rádio. Você até entende o locutor, mas o som está ruim

**6** O problema: toda vez que o servidor faz multiplicações e adições com suas mensagens, o ruído aumenta. Com o tempo, ele cresce tanto que a mensagem some — como quando o rádio sai de sintonia e vira estática pura.

**7** Em 2009, o americano Craig Gentry criou o primeiro algoritmo de FHE capaz de limpar o ruído de tempos em tempos, evitando que se acumule demais. Essa invenção foi decisiva para tornar a criptografia completamente homomórfica possível na prática

 ~~$sk \times a +$~~   
 $r + m$ 

The logo consists of five lowercase 'r' characters of increasing size, followed by a plus sign and a lowercase 'm'.

**rrrrrr**  
**+ m**

A Zama quer cifrar essas transações com FHE, de modo que nem mesmo quem opera a infraestrutura saiba quem mandou quanto para quem. Para Nigel Smart, professor da KU Leuven que também ocupa o cargo de coordenador acadêmico da empresa, esse é um momento equivalente à passagem do protocolo HTTP para o HTTPS na internet, em 1994 — uma camada de privacidade que reconfigura o que é possível fazer on-line. Foi o S de “seguro” que permitiu o uso de cartões de crédito na internet.

Smart, porém, faz questão de desfazer uma ilusão comum sobre as possibilidades da FHE. Esse tipo de cifra não é “uma poeira mágica que se polvilha sobre sistemas existentes para torná-los privados. Elas devem ser vistas como tecnologias que

habilitam novos modelos de negócio e novas oportunidades que antes simplesmente não existiam”, diz ele. Um exemplo concreto é o combate à lavagem de dinheiro: bancos precisam cruzar dados de clientes para identificar fluxos suspeitos, mas não querem — e muitas vezes não podem, legalmente — entregar esses dados a concorrentes. Com FHE, a colaboração se torna possível.

Existem outras aplicações de cifras homomórficas saindo do papel. O Microsoft Edge emprega FHE para verificar se senhas foram comprometidas em vazamentos sem revelar as senhas ao servidor. Craig Gentry, criador da primeira FHE viável, hoje trabalha na startup Cornami, com foco no gargalo mais relevante para a IA: tornar a multiplicação de matrizes

mais rápida sob cifra homomórfica, já que essa operação é importantíssima para Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs, sigla em inglês), como o GPT.

Não existe milagre: é pouco provável que a FHE se torne uma tecnologia amplamente disseminada ainda nas próximas décadas. Mas chegar mais perto desse grau platônico de segurança não é apenas uma questão de avanço científico-tecnológico: é algo que exige uma mudança de mentalidade que também está distante. “As pessoas não estão acostumadas a se preocupar com isso”, resume Pereira. À medida que a vida contemporânea passa a depender cada vez mais de computação delegada, é urgente que o trabalho de pesquisadores como Pereira se traduza em aplicações práticas. ●

# O sertão que ainda se descobre

SETENTA ANOS APÓS A  
PUBLICAÇÃO DE GRANDE  
SERTÃO: VEREDAS, O ACERVO  
DE GUIMARÃES ROSA  
NO IEB-USP E OS PAPÉIS  
GUARDADOS PELA FAMÍLIA  
SEGUEM REVELANDO  
MANUSCRITOS, MAPAS E  
PROJETOS INACABADOS  
A PESQUISADORES

\* Por Claudia Izique  
\* Imagens Acervo IEB

|                                  |                                        |
|----------------------------------|----------------------------------------|
| SELAS —                          | ps. 1, 7                               |
| Sacupira —                       | ps. 4 (de <sup>clara</sup> assembléia) |
| Bombastim no do farrago —        | ps. 7                                  |
| Sympatia fechar pasto —          | ps. 7                                  |
| Dono de cavalos (antigamente) —  | ps. 7                                  |
| Freio. Cangallhas. Pote. Billa — | ps. 9                                  |
| Pelêgo —                         | ps. 10                                 |
| Cangallha —                      | ps. 11                                 |
| Guardafreio —                    | ps. 11 e 12                            |
| João Umburana e o tauró —        | ps. 12                                 |
| O cigano Doido —                 | ps. 13                                 |
| Estreme como relicho de jo —     | ps. 14                                 |
| Paca. Jacaré. Capivara —         | 15                                     |
| "Explorista" —                   | 15                                     |
| Clas. da qualidade de gado —     | 15                                     |
| Inácio Rocha e suas bestas —     | 15                                     |
| Diálogo sobre curas —            | 17                                     |
| Flor cora-cunha —                | 19                                     |
| Cornel alardeando para vinda —   | 19                                     |
| Flor do fumo —                   | 19                                     |
| Porteira —                       | 19                                     |
| Marca do F. Mendes —             | 19                                     |
| TRUQUE —                         | ps. 19                                 |
| Vaca e bezerro —                 | ps. 20                                 |
| Meu amigo o boi —                | ps. 21                                 |
| Liça — da — pinto —              | ps. 21                                 |
| Constantino —                    | ps. 21                                 |
| ESTOURO —                        | ps. 22                                 |
| NOITE —                          | 22                                     |
| Lobo (vereda) —                  | 22                                     |
| Manjolo —                        | 22                                     |
| Variedades de curas —            | 22                                     |
| NOITE —                          | 23                                     |
| BOI (Meu amigo) —                | 23                                     |
| Os bichos (no curral) —          | 23                                     |
| Boi —                            | 24                                     |
| Trabalho de curas sobrado —      | 24                                     |
| Chifres (abaco) —                | 24                                     |
| Trabalho de curas —              | 24                                     |

|                                                   |        |
|---------------------------------------------------|--------|
| — En mata (o pote do Zé Juma) —                   | 2      |
| Côres do boi —                                    | 24     |
| Rastros —                                         | 25     |
| Vaca e bezerro —                                  | 25     |
| BOI —                                             | 25     |
| Os becerros dos bois —                            | 25     |
| Côr (meuro) —                                     | 25     |
| Trabalho curas (boi) —                            | 26     |
| Porteira —                                        | 26     |
| Chifres —                                         | 26     |
| Teoria da tentação de assassinato, e a vingança — | 26     |
| Boi —                                             | 27     |
| Côr —                                             | 28     |
| Sinal de onça —                                   | 28     |
| O Tesoureiro (passando) não tem malho na sôca —   | 28     |
| O retiro onde eu moro —                           | 29     |
| Paris: livro H. Ribeiro —                         | 31     |
| M. A. o Boi —                                     | 31     |
| O enforcado com cipó —                            | 31     |
| "Dengostas" (Adiunhas) —                          | 32     |
| Cumprir promessa (feita por outros)               |        |
| Madeiras para seio de carne e rês —               |        |
| Maneja com tira de gelado boi —                   |        |
| CIGANOS —                                         | 35     |
| Chifres no cerrado (mata-bacata, etc)             |        |
| (TERTO TORTULIA NO) —                             | ps. 37 |
| Tabuada: "Um: ovo bom é de mui" —                 | 37     |
| Maneja e os gelados —                             | 39     |
| Capim —                                           | 39     |
| Rio Parangaba (gráfica) —                         | 42     |
| Sinais de clava —                                 | 42     |
| Rezas boi (o bido, etc) —                         | 42     |
| Carro de bois nas descidas fortes —               | 42     |
| Carapato —                                        |        |
| Mel —                                             |        |
| Comensal —                                        |        |
| Siglas —                                          |        |
| Família —                                         |        |
|                                                   | 43     |

Em maio de 1952, João Guimarães Rosa (1908-1967) — médico, diplomata e autor de *Sagarana* (1946), então já incensado pela crítica — tangeu uma boiada por 220 quilômetros, dos gerais até os pastos da fazenda de um primo, em Araçaí (MG), perto de Cordisburgo (MG), sua terra natal. “Ele voltava de uma estada de três anos em Paris e estava morrendo de saudades do sertão”, conta Érico Melo, pós-doutor em literatura comparada pela Universidade de São Paulo (USP) e rosiano (especialista no autor mineiro) há mais de 20 anos.

Guimarães Rosa fez o percurso a cavalo, dormindo ao relento com vaqueiros, enquanto anotava observações em cadernetas — ou *cahiers d’écrivain*, como ele preferia —, que trazia atadas com barbante no segundo botão da “camisa-blusa”.

Essa travessia foi o “evento deflagrador” da escrita de *Corpo de baile*, volume que reuniria sete novelas, afirma Melo. Nos anos seguintes, uma narrativa concebida como a oitava, até então intitulada *O diabo na rua, no meio do redemunho*, ganhou vida própria e a saga de Riobaldo e Diadorim se materializou em *Grande sertão: veredas*. Os dois livros foram publicados, respectivamente, em fevereiro e julho de 1956.

As anotações dessa viagem estão reunidas em 157 páginas datilografadas, distribuídas em dois maços, que Rosa intitulou *A boiada 1* e *A boiada 2*. “Ali há frases inteiras que ele reproduz nos dois livros”, diz Melo. Esses registros — que incluem algumas das cadernetas de viagem — estão entre os cerca de 20 mil documentos do Fundo João Guimarães Rosa, do Instituto de Estudos Brasileiros, da Universidade de São Paulo (IEB-USP), adquiridos da família do autor em 1973, dos quais 10 mil estão catalogados. *A boiada 1* e *2* foram publicados em 2011 em edição fac-similar pela editora Nova Fronteira.

“Mas nem tudo do acervo de Guimarães Rosa está no IEB-USP. Os documentos que ainda estão com a família da esposa, Aracy de Carvalho Guimarães Rosa, são uma mina de ouro para estudiosos”, conta Melo. Foi ali que o pesquisador descobriu 12 folhas retocadas à mão do livro inacabado que levaria o título *Boiada*. Se concluído, seria um relato em primeira pessoa da expedição boiadeira de Rosa, em 1952. O fac-símile de uma das páginas de *Boiada*

está reproduzido no artigo assinado por Melo e incluído na edição especial de 70 anos da obra, lançada pela Companhia das Letras em 16 de julho — na mesma data da publicação da edição original, em 1956.

### “Guimarães Rosa? Dá 2.500 anos para ele”

A edição comemorativa da Companhia das Letras é a 23ª de *Grande sertão: veredas*. A primeira, lançada há sete décadas pela Livraria José Olympio Editora, com 594 páginas, recebeu os prêmios Carmen Dolores Barbosa e Paula Brito, ambos em 1957. Em 1961, Rosa ganharia o Machado de Assis pelo conjunto da obra.

Manuel Cavalcanti Proença (1905-1966), romancista e crítico literário, em *Trilhas no grande sertão* (1958), enxergou no romance uma superposição de planos: subjetivo, coletivo, telúrico e mítico. No mesmo ano, o tradutor, crítico e professor húngaro naturalizado brasileiro Paulo Rónai (1907-1992) escreveu em *Encontros com o Brasil* que o sertão emerge da obra de Rosa como símbolo do inconsciente, e a vereda, como símbolo da consciência. Antonio Candido (1918-2017), sociólogo, crítico literário e professor universitário, no ensaio *O homem dos avessos* (1962), definiu o livro como “o primeiro grande romance metafísico da literatura brasileira”.

O sucesso da obra de Rosa transbordou para o século 21. Em 2009, a crítica literária Walnice Nogueira Galvão, professora emérita da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH-USP), especialista em Euclides da Cunha, indagada pela *Pesquisa FAPESP* se haveria leitores para Cunha e Guimarães Rosa no futuro, respondeu: “Homero ainda dialoga conosco. Ao lermos Homero, estamos lendo o que chamamos de ‘grande literatura’.

Guimarães Rosa? Dá 2.500 anos para ele também, que sempre haverá gente para ler e gostar.”

### Veredas à mão

As imagens que ilustram esta matéria reproduzem páginas dos manuscritos originais *A boiada 1* e *A boiada 2*, preservados no Fundo João Guimarães Rosa, do Instituto de Estudos Brasileiros, da USP.

As sucessivas edições, o olhar perscrutante da crítica e o interesse de pesquisadores pelo romance de Rosa parecem atestar o vaticínio de Walnice Galvão. “*Grande sertão: veredas* é a obra literária brasileira mais

importante do século 20 porque é um retrato perfeito do Brasil a partir da região central, do sertão”, diz Willi Bolle, crítico literário e professor de literatura alemã na FFLCH-USP, autor de *grandesertão.br: o romance de formação do Brasil*, publicado pela Duas Cidades/Editora 34, em primeira edição, em 2004 e, em segunda edição, em 2023.

O livro, segundo Bolle, conversa com os principais retratos do país, a começar pela obra “matricial” de Euclides da Cunha, *Os sertões* (1902); passando por Gilberto Freyre, em *Casa-grande & senzala* (1933); Sérgio Buarque de Holanda, em *Raízes do Brasil* (1936); e Caio Prado Jr., em *Formação do Brasil contemporâneo* (1942). Bolle acrescenta a essa lista três outros “retratos”, posteriores à obra de Rosa: o de Raimundo Faoro, *Os donos do poder* (1958); o de Celso Furtado, *Formação econômica do Brasil* (1959), e o de Darcy Ribeiro, em *O povo brasileiro: A formação e o sentido do Brasil* (1995).

A obra “labiríntica” de Rosa, como Bolle diz, também dialoga com o grande público por tratar da questão do amor. “Como disse um professor de literatura de Berlim [Bolle é alemão], não existe grande obra literária sem a temática do amor. E de fato o amor de Riobaldo e Diadorim, no plano mais amplo, é o amor pelo povo do sertão e do Brasil, que se mostra na atenção que Rosa dá às falas do povo, criticando a falta de diálogo entre as classes dos letrados e as pessoas do povo.”

“Rosa continua lido e vivo”, afirma Luiz Roncari, professor titular da área de literatura brasileira da USP, e autor, entre outros, de *O Brasil de Rosa* (2004), cuja publicação contou com apoio da FAPESP, e *Lutas e auroras* (2018). No primeiro, Roncari investiga a genealogia dos três primeiros livros do autor e no segundo, as agruras, lutas e perdas de Riobaldo, a “parte negra” de *Grande sertão: veredas*.

**AS ANOTAÇÕES DA VIAGEM, EM 157 PÁGINAS DATILOGRAFADAS, INTEGRAM O FUNDO JOÃO GUIMARÃES ROSA DO IEB-USP, ACERVO DE CERCA DE 20 MIL DOCUMENTOS, DOS QUAIS 10 MIL ESTÃO CATALOGADOS**

“Como todo bom escritor, Rosa tinha também os olhos na ‘eternidade’, por isso não barateou a sua obra. Trabalhou para se firmar na Literatura Brasileira, que conhecia tão bem quanto a universal, pois era um homem culto, que tinha consciência da grandeza e complexidade do universo no qual queria entrar. Aí não havia lugar para a ingenuidade e o engano”, afirma Roncari.

Para Márcia Valéria Martinez de Aguiar, da Escola de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), *Grande sertão: veredas* é um “poema de 600 páginas”. “É uma escrita complexa, ancorada no sertão, mas que transcende o sertão, uma mistura de real, de metafísica e de poesia, construída no texto pelo feiticeiro da palavra que era Guimarães Rosa, uma construção que encanta cada vez mais.”

### Sertão sem fronteiras

A obra de Guimarães Rosa ultrapassou as fronteiras do sertão e também as do Brasil, sendo traduzida em várias línguas. A tese de doutorado de Aguiar, defendida em 2011 na FFLCH-USP, examinou as duas versões francesas de *Grande sertão: veredas*, ambas publicadas pela Éditions Albin Michel — a primeira, assinada por Jean-Jacques Villard, de 1965, e a segunda, por Maryvonne Lapouge-Pettorelli, de 1991. Mais recentemente, em pesquisa apoiada pela FAPESP, Aguiar estudou as cartas trocadas entre Rosa e Villard. A investigação que orienta os estudos de Aguiar trata de como diferentes tradutores recriam, em outras línguas, as sobreposições entre oralidade sertaneja, erudição e invenção poética.

“Verter Guimarães Rosa para outra língua continua sendo um desafio para os tradutores, em razão justamente da mistura entre o real e o fantástico, que constitui sua poética. Seus primeiros tradutores, ao longo dos anos 1960, enfrentaram valentemente a tarefa, buscando tanto entender os elementos concretos de suas obras — interrogando, além dos escassos dicionários da época e consultores brasileiros, o próprio Guimarães Rosa, com o qual trocavam correspondências —, quanto desvendar sua poética e metafísica.”

Ela lembra um critério sugerido por Rónai para saber se uma tradução funcionou: o leitor conseguir chegar ao final do livro. “E a primeira versão alemã e a primeira versão francesa de *Grande sertão: veredas*, por ele analisadas, passaram no teste”, ela afirma.

Aguiar reconhece que original e tradução são, inevitavelmente, dois livros distintos. “Mas os livros e suas traduções conversam. É como um caleidoscópio, que vai

água = pafn  
 chuva = shuvósse  
 sol = soldnsh  
 engenho = engenósse  
 faca = shurf  
 barraca = barrakósse  
 espora = busék, buség  
 arroz = kurrupfish (kurrupfish)  
 toucinho = balifdis  
 porco = balishôn  
 bonito = banf  
 cachorro = jukêle  
 gato = gatdnsh  
 carrapato = karapatdnsh  
 fome = fomósse  
 fumo = bumbásh  
 Rio São Francisco = Pafn barín  
 chicote = dabfn  
 roubar = malardá  
 caminhar = kaminhardá  
 cantar = kantardá  
 latir = latardá, latér dá  
 dormir = dormir-dar-dá  
 fogo = ágrí  
 filho da puta = putdnsh  
 viola = bashadfn

Sempre viva (a Sempre) : irmã de Dondé  
 (.... Não falo linguagem...)

Nomes de outros ciganos :

Belarmino,  
 Meu Padrinho ~~Alferes~~  
 Conjalhe Conjalhe

Estava em  
 São Paulo

BRICHINDIN

BALIVAZ

PACA,  
 JACARÉ,  
 CAPIVARA

15.

Paca - mergulha aproximadamente 5 minutos.

Capivara - cerca de 10 minutos.

Buraco da paca : - Entrada ; e "súspiros" -  
 "arrolhados" com capim e folha sê-  
 ca, mas bem arrolhados.

"Carreirão" - o trilho, caminho.

Paca - tem seus solapões nágua, que ela conhece  
 perfeitamente.

Os caçadores procuram duas raseiras fron-  
 teiras. (Jacaré)

Jacaré não morde nem come dentro d'água. O  
 anzol com a isca (bofe, no anzol grande) de-  
 ve ficar fora da água.

SAÍDA às 9 hs. 15'.

O gado deitado, na rua, (Andrequiné) !

(- "De barriga cheia, está amalhado, descan-  
 sando.")

Cruzeiro, com casas de João-de-barro, enfi-  
 leiradas.

(Paca : pra cima, na minguante ; pra baixo,  
 na crescente...etc.)

- "Nessa munha que o Sr. está vendo..."

Estrume para rebóco de parede, misturado com areia.

Bezerinho - as orêlhas (êle andando) se encon-  
 tran, atrás.

Os bezerros vão tardando. Suas mães mugem, a-  
 diante, procurando-os. Se atravessam no meio da  
 boiada. Fazem redemoinhos... Eto, E' atreante.)

Minha mula é vermelha.

"Explorista" - explorador.

Cabeceira = os melhores  
 Meio = os regulares  
 Fundo = os piores.

10 hs. 20' - Córrego do Capim-de-Cheiro (descida e  
 subida ruim).

Carro-de-bois, nas descidas fortes : sogão de  
 árvores ou sogão de bois (juntas).

Os vaqueiros passam as pernas pertinho do fôgo,  
 para matar os ~~carapatinhos~~ possíveis carrapatinhos

Carrapato : miudo, vermelho, e rodoleiro.

Dá muito mel é em lugar de cerrado.

- "Eu não vendo isto aqui (esta distância) por 4  
 léguas, de jeito nenhum !,...

- "E' três léguas, pra trás..." (pra trás = ou me-  
 nos (de três).

- Aqui (R. das Vacas) está de rumo a rumo com Fe-  
 lizlândia...

(Em junho do ano passado, aqui estavam fazendo  
 farinha) - "Mas êste ano nós vamos fazer é mais  
 no fim da sêca... A mandioca é pouca..."

- A viúva do Antonio Mendes tem muito boi ?

- Não sei. O que eu vejo lá é gado de criar...

Vamos indo com 192 rêsas, mais os bezerros...

- Lá é uma larga grande ; e a ajunta de gado lá é  
 dura...

- O costeiro lá, então, é um costeiro bom...

- E' um costeiro grande...

- A dívida tôda é êsse ~~rem-rém~~ rem-rém... (O passo  
 de acompanhar a boiada).

- Aqui nessa serra é lugar de cansar muito, com ê-  
 se sobe-e-desce...

Rancho, hoje : numa cobertazinha para bezerros...

Carro de  
 bois

Carrapato  
 mel

Le-gua.  
 Corrente

Fazer  
 farinha

Rem-rém

Aqui, vertical,  
 o Rio (Pera-  
 peba) :

O = Felizlândia (Bagre)

O = Pôrto do Mico (travessia para o Pompôu, de  
 balsa (com assaolho e corrente.  
 Em vez de gradil, um fecho de  
 madeira, como uma porta. Ara-  
 me e duas correntes.  
 (- "E' uma embarcação até boa...  
 Mavia...!..")

O tamboril sêco, morto, esgalhado ; perto do  
 curral. "E' árvore de sombra muito boa, e de fo-  
 lhinha miúda, que não faz estêrco... É a madeira é  
 boa... Morreu, porque isso é árvore que gosta de  
 lugar de mato, beira de córrego... Esta nós plan-  
 tamos aqui... Ela cresce muito depressa..."

Sinais de chuva :

i) quando o tesoureiro (pássaro) aparece, é  
 que está verprando chuva.

ii) quando o sabiá-zinho (pêdo) pequeno, menor  
 que um João-de-barro) canta muito. (E' pás-  
 saro da beira do córrego).

iii) os sapos.

(Raimundo) : O Credo rezado de trás pra diante é  
 como São Marcos. Melhor ainda é o Credo rezado  
 misturado com a Salve Rainha.

Parapeba

Sinais de  
 chuva

Boi de  
 barro



Guimarães Rosa durante a viagem da boiada por Minas Gerais, em maio de 1952 Eugênio Silva/O Cruzeiro

iluminando partes diferentes do original”, compara.

As duas edições francesas analisadas por Aguiar têm como título *Diadorim*. A primeira tradução para o inglês, assinada por Harriet de Onís e James L. Taylor, de 1963, foi intitulada *The devil to pay in the backlands*. Uma nova tradução para o inglês, de Alison Entrekin, *Vastlands: the crossing*, tem lançamento previsto para o início de 2027.

Na tradução alemã de Curt Meyer-Clason, lançada em 1964 pela editora Kiepenheuer & Witsch, o livro recebeu o título de *Grande sertão*. Na nova versão, de Berthold Zilly, com lançamento também previsto para o começo do próximo ano, pela editora S. Fischer Verlag, o título será *Großer sertão: querungen*. “A palavra ‘sertão’ foi incorporada à língua alemã”, sublinha Willi Bolle.

### Cartografias do sertão

Apesar de já ter disponível à época a tradução alemã, Bolle leu *Grande sertão: veredas* pela primeira vez em português, em 1966, quando, ainda estudante, fez um curso de introdução ao livro com Antonio Augusto Soares Amora na Freie Universität Berlin. “Eu tinha 22 anos, estava no quinto semestre, mas o livro me fascinou tanto que pedi ao professor Amora um estágio no Brasil para estudar Guimarães Rosa. E ele aceitou”, conta Bolle. Embarcou num navio e, depois de uma travessia de 21 dias, aportou no Rio de Janeiro — o destino final era Santos. “Liguei para o professor Amora, que sugeriu que eu desembarcasse e procurasse Guimarães Rosa no Itamaraty [que, então, ficava no Rio de Janeiro]. Saí do navio e conheci Guimarães Rosa!”

Instalado em São Paulo, utilizou um método pouco

usual para estudar a obra: comprou dois exemplares de *Grande sertão: veredas*, cortou as páginas e forrou as paredes do local em que vivia. “Eu queria ter um insight, uma visão que iluminasse minha compreensão”, explica. Décadas depois, durante um estágio de pós-doutorado na Universidade de Stanford, em 1999, repetiu a experiência, cobrindo as paredes de seu gabinete com as páginas da obra. “E escrevi a primeira versão de *grandesertão.br*.”

O fascínio provocado pela leitura de Guimarães Rosa também levou o goiano Êrico Melo a mergulhar no universo rosiano. “Sou engenheiro químico formado pela Universidade Estadual de Campinas [Unicamp]. Trabalhei cinco anos numa empresa multinacional até descobrir Guimarães Rosa.” Deixou o emprego, entrou na graduação em letras na USP — que não finalizou —, escreveu um projeto de mestrado, obteve apoio da FAPESP e acabou aceito para um doutorado direto na FFLCH-USP sob a orientação de José Miguel Soares Wisnik.

Hoje, editor e “pesquisador independente”, Melo segue naquele que foi o tema de seu doutorado, investindo numa modalidade de crítica literária que utiliza dados toponímicos, corográficos e geodésicos — ou seja, nomes de lugares, descrições de regiões e medições de coordenadas e altitudes — para mapear o romance. “Em *Corpo de baile* e *Grande sertão: veredas*, Rosa se baseou tão intensivamente na paisagem mineira que parece ter tido acesso a imagens aéreas.” E ele suspeita que, de fato, tenha tido. “Ele era chefe de gabinete no Itamaraty e negociou diretamente com os americanos o Acordo Militar de 1953, que resultou na produção dos primeiros mapas do Brasil desenhados pelo IBGE, com base em imagens fornecidas pela força aérea estadunidense.”

Essas negociações aconteceram entre 1951 e 1953, período em que Rosa foi chefe de gabinete de João Neves de Fontoura, ministro das Relações Exteriores. “Ele já estava escrevendo *Corpo de baile* e *Grande sertão: veredas*. Descobri essa informação nos jornais da época e na correspondência entre Rosa e Fontoura, que está no IEB-USP. Encontrei os mapas, primeiro na mapoteca da biblioteca da FFLCH-USP e depois no site do IBGE, digitalizados. Um desses mapas, com anotações, está no Fundo João Guimarães Rosa do IEB, o que indica que ele efetivamente os consultou.”

Ele lembra, ainda, que Rosa era membro titular da Sociedade Brasileira de Geografia. “Esse órgão era muito ligado a esse momento capital da cartografia brasileira. Sua reputação de especialista em geografia lhe rendeu a indicação para representar o Itamaraty no Diretório Central do Conselho Nacional de Geografia/IBGE, uma semana antes da publicação de *Grande sertão: veredas*.” ●

A B O I A D A

(Maio de 1952)

*Boiada*  
m% : Boiada - : no tirã-te e põe-te

cabisbo  
cabisbar  
cabisbabam

m% : UAPA (nome de vaqueiro)

127 V-52 : - Partida de auto, para Paraopeba.

Atêrro de açude.

Ladrão de açude.

*B*

Pegamos o espiçãao

*B*

Subimos. Longe : canaviais ver-  
de claro.

Capoeirinha - (cerrado fechado,  
alto, (que não foi corta-  
do).

*B*

Canavial - verdinho, no topo da  
colina.

Lobeira. Pequ. Pasto roçado  
(limpo ; viam-se ramos secos no  
chão.)

Bonito é na seca: quando tudo  
está crestado, seco, e só o ca-  
navial se destaca - verdinho,  
flagrante, uma faixa, um lençol  
verde, verdinho. Tudo seco. De-  
solação. A côr parda domina. Se  
ca tudo. As fôlhas das árvores,  
suas, feias. O castanho (mar-  
rom) domina.

Toda a faixa de arbustos das  
margens da estrada estão ver

# Racismo e exclusão no mercado do amor

Pesquisa revela as regras invisíveis para mulheres  
negras em aplicativos de relacionamento

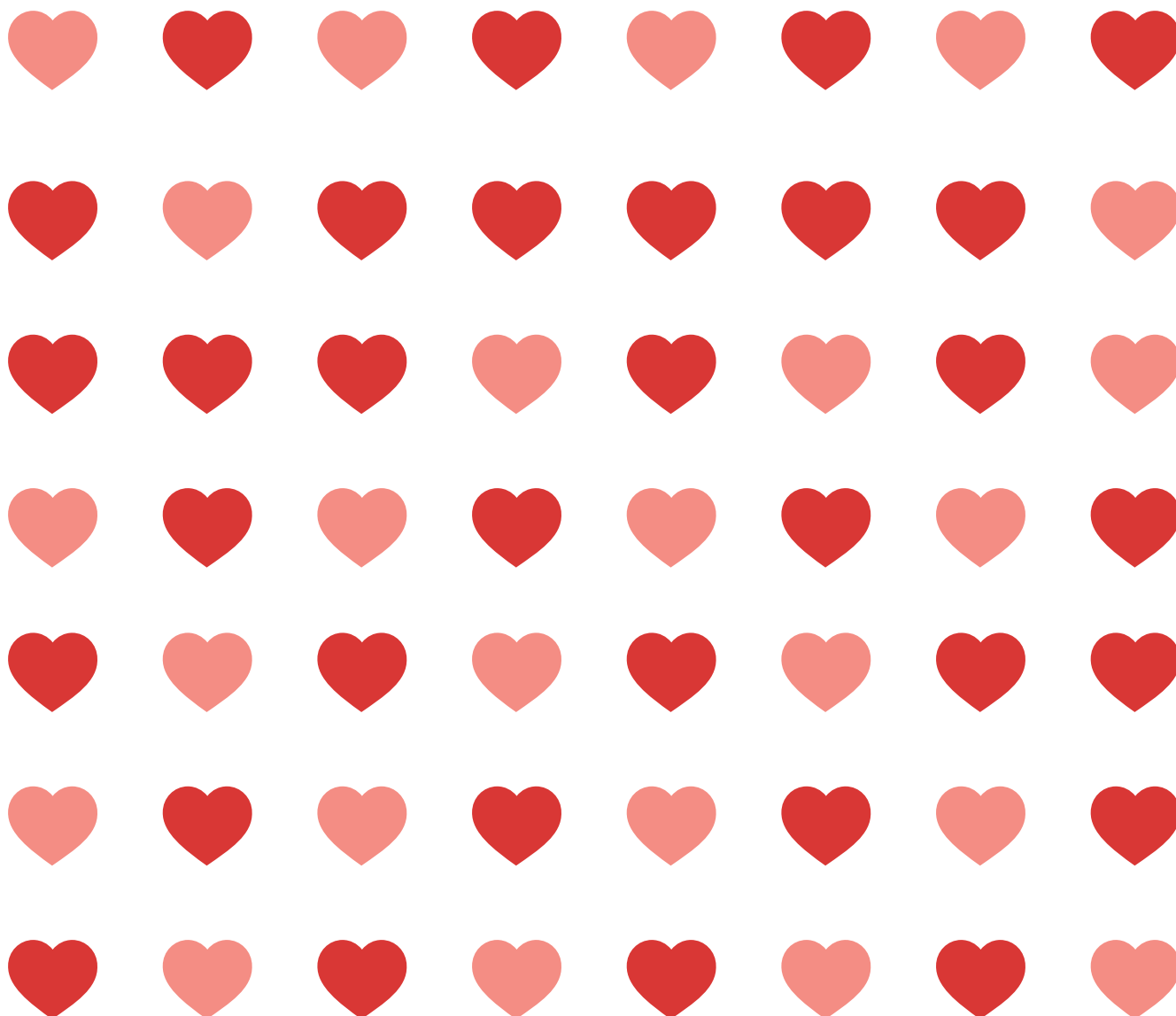
\* Por **Neide Oliveira**

Na literatura e na poesia, são vários os aforismos que descrevem o amor como um sentimento puro e desinteressado. Mas a ideia de que o amor é cego não se sustenta na vida real. Pesquisas da socióloga Maria Chaves Jardim, professora do Departamento de Ciências Sociais da Unesp de Araquara (SP) e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais da

mesma universidade, mostram que relações afetivas também são atravessadas por desigualdades sociais e que mulheres negras ocupam a posição mais vulnerável no chamado “mercado do afeto”.

Desde 2017, no Núcleo de Estudos e Pesquisa sobre Emoções, Sociedade, Poder, Organização e Mercado (Nespom), Jardim investiga como

aplicativos de relacionamento reproduzem — em vez de reduzir — desigualdades presentes na sociedade. Em um estudo de etnografia digital, financiado pela FAPESP, a pesquisadora interagiu com mais de uma centena de homens nos aplicativos Tinder e Badoo, realizou 15 entrevistas presenciais e conversou com integrantes de um grupo virtual



Em vermelho, os **56% de mulheres pretas que não estão casadas** e, em rosa, os **44% que estão**.

Cada coração representa 1 ponto percentual. Entre as brancas, a taxa de casamento é de 51% Censo 2022, IBGE

fechado em que mulheres compartilham experiências relacionadas à vida afetiva e suas estratégias para fazer sucesso nos aplicativos.

Os resultados mostram que as ferramentas estão longe de democratizar o acesso ao amor e reproduzem constrangimentos sociais presentes fora do ambiente digital, favorecendo determinados perfis e excluindo

outros. Padrões estéticos e preconceitos influenciam diretamente quem é visto como desejável e quem permanece invisível.

A interpretação parte da sociologia econômica, que entende o mercado como um espaço moldado por valores e relações sociais, e não como um ambiente neutro. “Não há aqui uma mágica, um cupido. Há elementos

sociais e, entre eles, a exclusão de mulheres fora do padrão estético — que estão acima do peso ou têm o tom de pele diferente daquele considerado legítimo, que é o branco”, afirma Jardim.

A popularização dos aplicativos de namoro trouxe a promessa de ampliar as possibilidades de encontro. Com opções para diferentes perfis

“Não há aqui uma mágica, um cupido. Há elementos sociais e, entre eles, a exclusão de mulheres fora do padrão estético”

**Maria Chaves Jardim**

socióloga, professora do Departamento de Ciências Sociais da Unesp de Araraquara e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais da mesma universidade

“Elas não estão reorganizando a vida afetiva em prol de projetos profissionais. Elas simplesmente não possuem uma vida afetiva no modelo romântico...”

**Thaís Caetano de Souza**

doutoranda em Ciências Sociais na Unesp e integrante do Nespom (Núcleo de Estudos e Pesquisa sobre Emoções, Sociedade, Poder, Organização e Mercado)

e interesses — como idosos, veganos e tantos outros —, criou-se a ideia de um mercado afetivo mais acessível. “Esse discurso é uma falácia, especialmente para mulheres pretas, dado o contexto de vulnerabilidade social, econômica e política no qual grande parte delas se encontra”, afirma Paulo Carvalho Moura, doutorando em ciências sociais na Unesp e integrante do Nespom.

Segundo Moura, os aplicativos não eliminam desigualdades, apenas reorganizam e reforçam preconceitos já existentes. “O ambiente digital não é livre de constrangimentos sociais. Trata-se de um mercado com hierarquias e padrões, considerando fatores como raça, gênero, escolaridade e gosto cultural”, destaca.

### Quem fica de fora

Se o primeiro estudo mostrou como os aplicativos reproduzem desigualdades, uma pesquisa posterior, publicada na revista *Tomo* em parceria com Renata Paoliello, também da Unesp, buscou compreender de que maneira essas dinâmicas afetam especificamente a experiência

de mulheres negras.

O grupo analisou dados de 64 mulheres negras com diferentes perfis socioeconômicos para avaliar o impacto da cor da pele nas experiências afetivas. O primeiro grupo reunia 45 delas, das quais 40 tinham diploma superior. O segundo era formado por 19 mulheres pretas, sem diploma superior, moradoras de um bairro popular de Araraquara. A conclusão foi direta: mulheres negras enfrentam barreiras estruturais também no mercado do afeto. “O amor, como todas as relações sociais, tem relação com poder. Alguns terão mais acesso a ele do que outros, pois o sentimento está sustentado por valores que carregamos no inconsciente, e o racismo é um deles”, explica Jardim.

Entre as entrevistadas, surgem padrões recorrentes de sofrimento relacionados ao racismo, sofrido desde a infância e adolescência, à invisibilidade afetiva e a relacionamentos abusivos. Embora frustrações amorosas façam parte da experiência de muitas, Jardim observa que elas costumam ser retratadas de formas distintas. Com frequência, o

debate público associa as dificuldades enfrentadas por mulheres brancas ao dilema entre casamento e carreira. Já entre as mulheres pretas ouvidas pela pesquisa, o obstáculo aparece antes mesmo desse ponto: muitas descrevem dificuldades para estabelecer relações afetivas estáveis. “O dilema da mulher branca pressupõe uma possibilidade de escolha. A da mulher preta não contempla isso”, comenta a pesquisadora.

Segundo Thaís Caetano de Souza, doutoranda em ciências sociais na Unesp e integrante do Nespom, essa diferença ajuda a compreender por que muitas afirmam não conseguir sequer acessar o modelo de relacionamento romântico tradicional. “A desigualdade aparece de forma mais profunda para mulheres pretas. Elas não estão reorganizando a vida afetiva em prol de projetos profissionais. Elas simplesmente não possuem uma vida afetiva no modelo romântico de construção de uma família”, afirma.

### Quando o amor não se concretiza

O desejo por relações estáveis aparece na fala das entrevistadas, seja na

**PRODUÇÃO INDEPENDENTE**

Mulheres negras são cerca de

**90% das mães solo**

no Brasil entre 2022 e 2023 (Ibre-FGV)

**PADRÕES DE SOFRIMENTO IDENTIFICADOS**

- Racismo desde a infância e adolescência
- Invisibilidade afetiva
- Relacionamentos abusivos

**Leia pesquisa que avalia o impacto da cor da pele nas experiências afetivas especificamente em mulheres negras**



expectativa do casamento, seja em experiências cotidianas simples, como andar de mãos dadas com o parceiro. Jardim coloca seus dados da pesquisa de campo em diálogo com as teorias existentes na sociologia sobre o amor, como o amor romântico, o amor confluyente, o poliamor e o chamado “amor líquido”, caracterizado por relações frágeis e instáveis. Entre parte das mulheres pretas ouvidas na pesquisa, porém, essa última acaba sendo percebida como a única possibilidade concreta.

Como consequência, várias relatam o início tardio da vida afetiva e sexual e, em alguns casos, o estabelecimento de relações marcadas pela falta de compromisso ou pela posição de amante, não por escolha, mas pela escassez de alternativas percebidas.

Outro padrão recorrente é o tipo de abordagem recebido nos aplicativos: convites de cunho sexual, que reforçam a objetificação e reduzem as possibilidades de construção de vínculos duradouros. Diante dessas barreiras, algumas relatam optar pelo celibato definitivo, enquanto outras acabam construindo famílias como

mães solo. Esse quadro contrasta com o estereótipo historicamente atribuído às negras como pessoas naturalmente hipersexualizadas. Entre as mulheres pretas com diploma universitário, a pesquisadora observou que muitas optam pela solidão afetiva, em vez de aceitar relacionamentos “líquidos”.

As experiências narradas pelas participantes da pesquisa não aparecem isoladamente. Indicadores nacionais mostram que as desigualdades observadas nas entrevistas também se refletem na formação de casais e famílias no Brasil. Dados do Censo de 2022 do IBGE revelam maior probabilidade de casamento para mulheres brancas (51%) do que para pretas (44%). Já entre as mães solo, negras (pretas e pardas) representam cerca de 90% do total entre 2022 e 2023, segundo pesquisa do Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (Ibre-FGV).

As consequências desse processo, no entanto, não se limitam às trajetórias afetivas. Elas também repercutem na saúde mental das entrevistadas. Segundo Jardim, os impactos

emocionais da exclusão afetiva vão além do sentimento de rejeição e da baixa autoestima. A equipe agora pretende investigar de forma mais aprofundada suas consequências para a saúde mental das mulheres pretas. “Esse quadro pode contribuir para o adoecimento psíquico, incluindo depressão e processos de medicalização, e será objeto da próxima etapa do trabalho”, afirma.

Para a pesquisadora, um dos principais efeitos do estudo é deslocar a responsabilidade do plano individual para o coletivo. Ao reconhecer que essas experiências refletem desigualdades estruturais, várias deixam de atribuir exclusivamente a si mesmas a culpa pelo chamado “fracasso afetivo”.

“Isso não resolve os problemas pessoais, mas produz a tomada de consciência de que se trata de uma questão social. É uma forma de compreender que o problema não está nelas, mas na maneira como a sociedade organiza seus preconceitos, colocando em uma hierarquia quais são as mulheres dignas de serem amadas e as que não merecem o amor”, conclui. ●

# Elza Berquó, pioneira da demografia brasileira, morre aos 100 anos de idade

Matemática de formação e demógrafa por vocação, a pesquisadora ajudou a institucionalizar os estudos populacionais no Brasil, fundou várias entidades e deixou um legado que une rigor científico, compromisso social e atenção à formação das novas gerações de estudiosos

\* Por **José Tadeu Arantes**, da Agência FAPESP

A morte da demógrafa Elza Berquó, em 16 de julho deste ano, aos 100 anos de idade, encerra uma das trajetórias mais extraordinárias da ciência brasileira. Pioneira em seu campo de pesquisa, ela foi a principal responsável por institucionalizar os estudos demográficos no país, formando sucessivas gerações de especialistas e ajudando a criar instituições que transformaram

a maneira de compreender a população brasileira. Ao longo de décadas, contribuiu para tornar a demografia um instrumento indispensável para a formulação de políticas públicas, sempre guiada pela convicção de que os números só adquirem verdadeiro significado quando colocados a serviço da redução das desigualdades e da melhoria das condições de vida das pessoas.

Sua influência ultrapassou as fronteiras da academia. Professora da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP), fundadora do Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebap), criadora do Núcleo de Estudos de População (Nepo), na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), membro titular da Academia Brasileira de Ciências, presidente da Comissão Nacional de População e Desenvolvimento (CNPD) e uma das fundadoras da Associação Brasileira de Estudos Populacionais (Abep), Berquó participou diretamente da construção das principais instituições responsáveis pelo desenvolvimento da demografia no Brasil.

Tal atuação coincidiu com um período de transformações decisivas na história nacional. Nas décadas em que o país experimentava rápida urbanização, profundas mudanças na estrutura familiar, queda acelerada da fecundidade, aumento da expectativa de vida e persistentes desigualdades sociais, ela ajudou a produzir o conhecimento necessário para compreender essas mudanças. Fez da demografia mais do que uma disciplina estatística: transformou-a em uma ciência voltada para as pessoas, para seus direitos e para os desafios concretos enfrentados pela sociedade brasileira.

Essa perspectiva permaneceu viva até os últimos anos de sua fecunda carreira. Glaucia Marcondes, atual coordenadora do Nepo-Unicamp, lembra que a característica mais marcante de Elza era provocar continuamente seus interlocutores a refletir sobre o sentido social da pesquisa científica. “Uma das coisas mais impressionantes eram as suas falas, muito fortes, contundentes e sempre cheias de questionamentos sobre o que nós deveríamos fazer com os dados que obtemos. Se temos informações qualificadas, o que



Intelectual foi decisiva na fundação do Cebap, da Associação Brasileira de Estudos Populacionais e do Núcleo de Estudos de População da Unicamp Léo Ramos Chaves

podemos propor para uma sociedade melhor? Era assim que ela dizia”, conta Marcondes à Agência FAPESP.

Segundo a coordenadora, essa inquietação jamais desapareceu. “A crítica social e a preocupação com o que nós podemos oferecer para melhorar as condições de vida das populações eram uma inquietação constante. O passado era um aprendizado, mas ela dizia que não podíamos ficar presos nele. Era preciso mirar o futuro.” Essa visão ajuda a compreender a singularidade de Berquó. Embora fosse uma pesquisadora rigorosa, nunca enxergou a produção científica como um fim em si mesma. Costumava insistir que, por trás de cada tabela, de cada indicador e de cada gráfico, havia vidas humanas. “Ela cobrava que produzíssemos dados pensados. Não apenas os dados brutos, mas as pessoas que existem nesses dados”, recorda Marcondes. “Esse é um legado que inspira até hoje várias gerações, inclusive aqueles que, como eu, não trabalharam diretamente com ela, mas foram profundamente influenciados por suas palavras.”

Nascida em Guaxupé (MG), em 17 de outubro de 1925, Elza Salvatori Berquó iniciou sua formação em matemática na Pontifícia Universidade Católica de Campinas, prosseguiu os estudos em estatística na USP e concluiu o doutorado em bioestatística na Universidade Columbia, nos Estados Unidos, em uma época em que a presença feminina na ciência ainda era relativamente rara e enfrentava sérios obstáculos. A sólida formação quantitativa, combinada com uma permanente sensibilidade para os problemas sociais, definiria toda a sua trajetória intelectual.

Seu ingresso na demografia ocorreu justamente quando o Brasil começava

a experimentar mudanças populacionais profundas, mas ainda dispunha de poucos pesquisadores especializados para estudá-las. Coube a ela, juntamente com um pequeno grupo de pioneiros, introduzir métodos modernos de análise demográfica, formar recursos humanos e estabelecer uma agenda científica capaz de dialogar simultaneamente com a estatística, a saúde pública, a economia, a sociologia e as políticas governamentais.

A consolidação desse campo científico se confundiu, em grande medida, com a própria trajetória da pesquisadora. Em 1969, participou da fundação do Cebrap, instituição criada em plena ditadura militar e que se tornaria um dos mais importantes centros brasileiros de pesquisa em ciências sociais. Anos depois, em 1982, fundaria o Nepo, que se transformaria em uma das principais referências latino-americanas em pesquisa demográfica.

Mais do que criar instituições, porém, Berquó construiu comunidades científicas. Formou pesquisadores, estimulou colaborações internacionais, dialogou com os movimentos sociais e ajudou a consolidar uma cultura acadêmica baseada na excelência metodológica e no compromisso público da ciência. Como observa Marcondes, uma das marcas mais duradouras de sua atuação foi ter criado instituições capazes de sobreviver à própria fundadora. “Ela as criou com bases sólidas, que puderam se perpetuar.”

Ao longo da carreira, Berquó ampliou continuamente o escopo da demografia brasileira. Seus primeiros trabalhos se concentraram na fecundidade e nas transformações do comportamento reprodutivo da população. Posteriormente, sua agenda de pesquisa incorporou temas que, à época, ainda eram pouco explorados pela academia brasileira, como saúde reprodutiva, sexualidade, juventude, envelhecimento, relações de gênero e desigualdades raciais. “Ela foi uma pioneira em trazer as discussões sobre a população feminina negra, sobre a saúde da mulher negra, incentivando estudos com recorte racial. Foi realmente uma desbravadora”, sublinha Marcondes. Ela conta que Berquó não se limitou a estudar essas desigualdades, mas procurou também criar condições para que elas fossem investigadas por pesquisadoras diretamente comprometidas com essa realidade. “Ela foi uma das pessoas que criaram programas de apoio para jovens pesquisadoras negras. Foi visionária. Vinte ou 30 anos antes da implantação das políticas de cotas, já entendia que, se quiséssemos compreender a especificidade da saúde da mulher negra, precisávamos ter pesquisadoras negras produzindo esse conhecimento”, observa.

Ao mesmo tempo que expandia as fronteiras da pesquisa demográfica, Berquó dedicava muita energia à construção institucional. Além do Cebrap e do Nepo, esteve entre os fundadores da Associação Brasileira

de Estudos Populacionais, presidiu a Comissão Nacional de População e Desenvolvimento e participou de comissões consultivas dos censos demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Mesmo quando já não frequentava diariamente o Nepo, mantinha contato com os jovens pesquisadores. Marcondes lembra que, nos últimos anos, quando o debilitamento da saúde reduziu suas aparições públicas, Berquó continuava enviando vídeos e mensagens aos seminários promovidos pelo núcleo que fundara. Outro traço que impressionava era sua curiosidade intelectual. Mesmo centenária, permanecia sintonizada com a vida política, os avanços científicos e as mudanças da sociedade brasileira. “Era uma pessoa extremamente lúcida. Até os últimos anos continuava interessada pela vida, acompanhava os telejornais e adorava assistir a minisséries”, conta.

Essa permanente abertura ao novo talvez explique por que sua influência continuou crescendo depois de sua aposentadoria formal. Embora já não coordenasse projetos diretamente, seguia sendo uma interlocutora respeitada, uma conselheira atenta e uma presença inspiradora para pesquisadores de diferentes gerações. Mas talvez a verdadeira medida da grandeza de Berquó não esteja apenas em suas realizações acadêmicas ou institucionais, e sim na memória afetiva que deixou entre aqueles que conviveram com ela. Os depoimentos de colegas, alunos



**Meu tempo é curto, mas ele foi longo o suficiente para ver vocês com todo esse carinho. Jovens, continuem a estudar! Continuem a luta pela democracia!**

Elza Salvatori Berquó  
(1925–2026)

**Ela cobrava que produzíssemos dados pensados, não apenas os dados brutos, mas as pessoas que existem nesses dados**

Glaucia Marcondes,  
coordenadora do Nepo-Unicamp

e colaboradores convergem para uma imagem rara: a de uma pesquisadora cuja autoridade jamais dispensou a delicadeza, e cuja firmeza intelectual coexistia com uma atenção permanente às pessoas.

“Outra marca era a elegância”, diz Marcondes. “Era uma mulher vaidosa, sempre impecável. Demonstrava

firmeza no andar, firmeza no falar. Sua presença impunha respeito. Quando a doutora Elza chegava, todo mundo corria. A chegada dela era um acontecimento.” Esse respeito, porém, nunca se confundiu com distanciamento. “Mesmo diante de toda a autoridade que tinha, fazia questão de falar com todos os funcionários.

Leia entrevista dada  
por Elza Berquó a  
*Pesquisa Fapesp*  
em 2017



No fim do ano, trazia pequenas lembranças para cada um e escrevia um poema dedicado aos pesquisadores, aos bolsistas, aos funcionários. Era uma pessoa agregadora.”

Marcondes pertence à geração que conheceu uma Elza já distante da administração cotidiana do Nepo. Ainda assim, guarda a lembrança de uma mulher que, com o passar dos anos, pareceu substituir a energia combativa das décadas pioneiras por uma serenidade cada vez mais acolhedora. “Eu vi uma Elza mais terna, mais serena, sempre aconselhando. As primeiras gerações talvez tenham conhecido uma Elza mais dura, porque ela precisava abrir caminhos. A nossa geração encontrou uma mulher muito mais suave.” Essa transformação não significou o abandono das causas que marcaram toda a sua existência. Até os últimos meses de vida, continuou acompanhando atentamente os rumos da pesquisa, da política e da sociedade brasileira, convencida de que o conhecimento científico só encontra sua plena razão de ser quando contribui para ampliar direitos, reduzir desigualdades e melhorar concretamente a vida das pessoas.

Em 2021, Berquó se tornou a primeira mulher da Unicamp a receber o título de doutora *honoris causa*. Na cerimônia, discursou: “Meu tempo é curto, mas ele foi longo o suficiente para ver vocês com todo esse carinho. Jovens, continuem a estudar! Continuem a luta pela democracia!” ●



José Goldemberg, aos 98 anos, discursou na cerimônia de entrega do prêmio, falando sobre ciência, governo e sociedade Andrea Vicente

## Gente da pesquisa

# Especial Jabuti Acadêmico

\* Por **Marcelo Soares**

A terceira edição do prêmio Jabuti Acadêmico, que tem o apoio da FAPESP, da Academia Brasileira de Ciências (ABC) e da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, revelou seus vencedores em 12 de agosto, no Teatro Sérgio Cardoso, em São Paulo.

O físico **José Goldemberg**, 98 anos, foi escolhido como a Personalidade Acadêmica homenageada no ano. Ex-presidente da FAPESP, professor emérito da USP, ex-ministro da Educação e da Saúde e ex-secretário estadual do Meio Ambiente em São Paulo, Goldemberg iniciou sua atividade científica em 1950. Em seu discurso, ele falou sobre a relação entre a pesquisa científica e o que o governo e a sociedade

esperam dela. “Receber o prêmio [...] neste momento da minha jornada é mais do que um reconhecimento pessoal. É a validação de uma premissa à qual dediquei minha vida, a de que a ciência brasileira tem voz, autonomia e responsabilidade diante do mundo.”

**Nina Beatriz Stocco Ranieri**, professora da Faculdade de Direito da USP e coordenadora da Cátedra Unesco do Direito à Educação, estreou como curadora do prêmio, substituindo o físico **Marcelo Knobel**, idealizador e curador das primeiras duas edições. Ela destacou como um importante avanço na edição atual a política de uso da inteligência artificial que segue os padrões adotados internacionalmente.

## ANOTE NA AGENDA

### 2.out.

#### Conferência "Explorando o uso de IA para publicações científicas"

A oitava Conferência FAPESP deste ano será com Henrik Rudolph, editor-chefe da revista *Progress in Surface Science*, da Elsevier, e professor emérito da Universidade de Utrecht (Países Baixos). A conferência tratará das vantagens, desvantagens e questões relativas à autoria no uso de aplicações de inteligência artificial na academia.

### 30.out.

#### Conferência "Solidão, redes sociais e doenças crônicas não transmissíveis"

Eliete Bouskela, pesquisadora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro e primeira mulher a presidir a Academia Nacional de Medicina, fará a nona Conferência FAPESP deste ano. Ela tem acompanhado os efeitos da solidão no sedentarismo, na obesidade e nas condições cardiovasculares derivadas.

### 9 a 13.nov.

#### Escolas Interdisciplinares

A FAPESP realiza edições das Escolas Interdisciplinares, que reúnem pesquisadores em início de carreira e cientistas convidados do Brasil e do exterior. São dois encontros, um de Ciências Exatas, Naturais, Engenharia e Medicina, e outro de Humanidades, Ciências Sociais e Artes. Informações em [fapesp.br/i8333](http://fapesp.br/i8333).

Confira os próximos eventos da FAPESP



A historiadora **Mary Del Priore** foi reconhecida com o Livro Acadêmico Clássico do ano: *História das mulheres do Brasil*, lançado pela Editora Contexto e pela Unesp em 1997, com o apoio da FAPESP. Ela organizou a obra pioneira, que reúne 19 artigos acadêmicos e um texto de Lygia Fagundes Telles.

#### Destaques entre os vencedores deste ano

**Thiago Benucci**, com *O jeito Yanomami de pendurar redes* (Perspectiva), na categoria Antropologia, Sociologia, Demografia, Ciência Política e Relações Internacionais. Em 2016, ele estudou as formas Yanomami de habitar com apoio da FAPESP.

**Reginaldo Prandi**, professor emérito de sociologia na USP, com *Brasil africano: orixás, sacerdotes, seguidores* (Pallas), na categoria Ciências da Religião e Teologia. Em abril, ele deu entrevista à *Pesquisa FAPESP* sobre sua trajetória de pesquisa.

**Michael França**, pesquisador do Insper, e **Fillipi Nascimento**, pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz, com *A loteria do nascimento* (Jandaíra), na categoria Economia. Entre 2018 e 2020, França teve apoio da FAPESP para estudar a relação entre fecundidade, identificação racial e desigualdade.

**José Eduardo Faria**, professor titular da Faculdade de Direito da USP, com *A democracia e o direito depois da pandemia* (Perspectiva), na categoria Direito.

**Carlos Eduardo Cerri**, professor titular da Esalq-USP, e três coautores, com *Saúde do solo em ecossistemas tropicais* (Fealq), na categoria Ciências Agrárias e Ciências Ambientais.

#### Estante

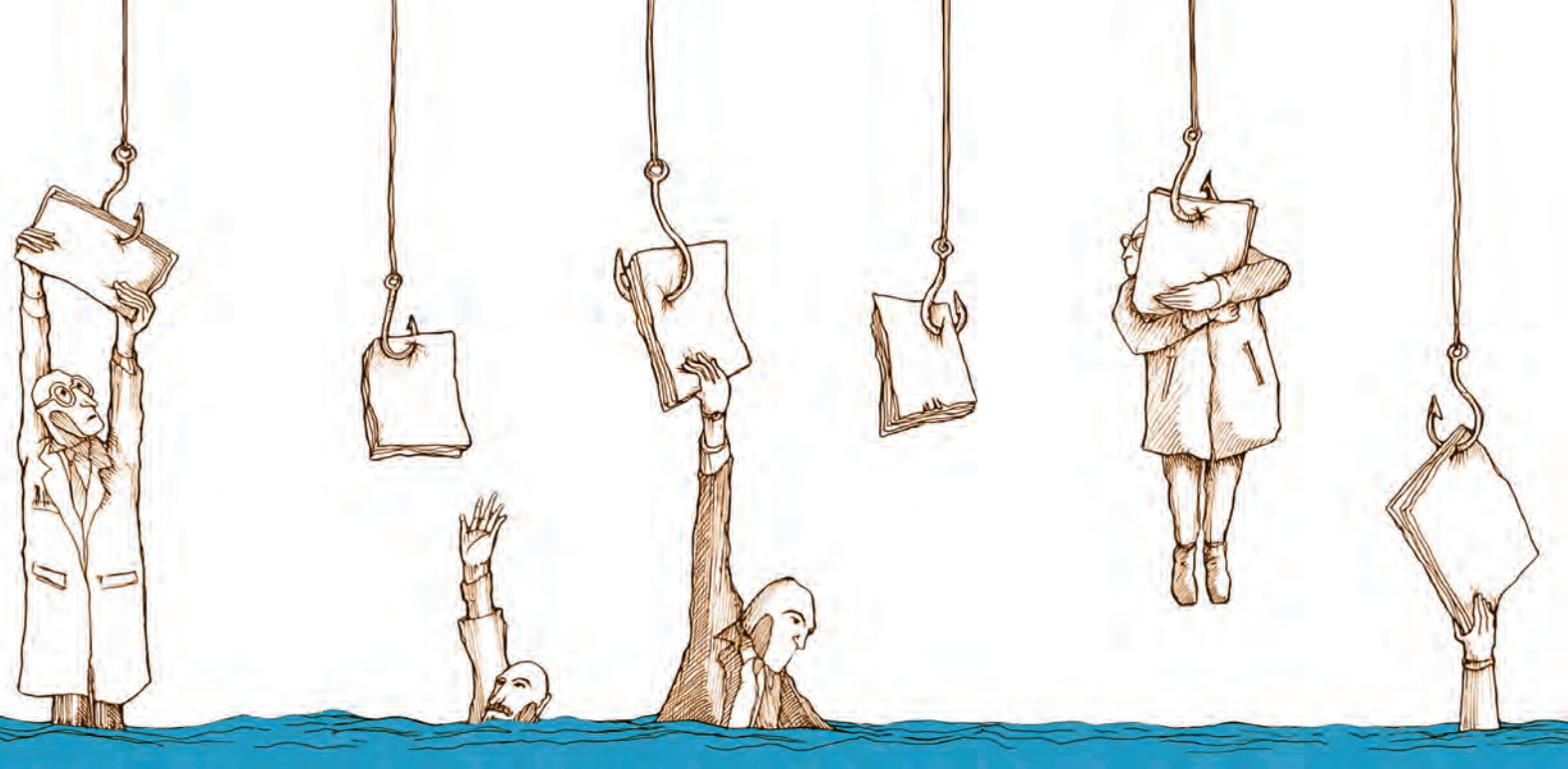
**Lucia Sano**, professora associada de letras na Unifesp, traduziu do grego *Anábasis: a expedição persa*, de Xenofonte. O relato da guerra de mercenários atenienses contra o rei Artaxerxes II, em 401 a.C., ganha uma versão contemporânea pela Penguin-Companhia das Letras. Entre 2014 e 2016, a professora traduziu e anotou a *Ciropédia*, com o apoio da FAPESP.

**Denise Vilela**, da Universidade Federal de São Carlos, lança *Alice hoje: lógica e nonsense* (Fábrica de Cânones). Pesquisadora do ensino de matemática, Denise caiu pelo buraco de coelho de Lewis Carroll para propor exercícios didáticos lúdicos. O projeto teve apoio da FAPESP.

O psicanalista **Christian Dunker**, professor titular do Instituto de Psicologia da USP, lançou *Discurso e narrativa em psicanálise* (Autêntica), articulando conceitos fundamentais com a prática clínica na convivência com pacientes que não conseguem narrar a própria vida.

**Marcio Pimenta**, jornalista e sobretudo impressionante fotógrafo, atravessou a Patagônia com o apoio da National Geographic Society, refazendo parte da viagem de Charles Darwin com o Beagle e entrevistando cientistas e povos originários da região. Essa jornada deu origem ao livro *Encontrando Darwin: uma expedição através da Patagônia* (Solisluna).

A Diálogos Editora, liderada por **Eleilson Leite**, lança em setembro os primeiros títulos da coleção Diálogos Urgentes. Ela traz obras que traduzem para o público geral temas da atualidade, como a aceleração da vida cotidiana, o machismo digital, o capacitismo e a degradação da internet. Os primeiros volumes serão lançados na Bienal do Livro. ●



## Boas práticas

# A cadeia alimentar das revistas predatórias

\* Por **Theo Ruprecht**  
\* Ilustração **Ariel Severino**

Na hora de submeter para publicação um artigo que fazia parte do seu mestrado, o engenheiro de computação Fábio Lobato foi atraído por um convite de um periódico científico de suposta relevância (era classificado como B4 pelo sistema Qualis). No final de 2017, seu trabalho foi publicado. Mas, depois de cerca de um ano, veio o alerta de um colega de fora do país: aquela era uma “revista predatória”. Foi seu primeiro contato com esse termo, conforme me contou por telefone. “Conversando com colegas sobre o assunto, surgiu a curiosidade científica de compreender as vulnerabilidades dos pesquisadores brasileiros”, conta.

Desse interesse nasceu, possivelmente, o mais amplo estudo nacional sobre percepções dos cientistas a respeito das revistas predatórias. Foram mais de 3 mil entrevistados, dos quais 1.065 possuíam artigos publicados e, portanto, tiveram suas respostas incluídas em um paper que saiu em abril no periódico *Scientometrics* — esse, claro, legítimo.

A partir da análise de 36 questões, ficou estabelecido que Lobato não foi o único acadêmico a não enxergar o predador. Entre os fatores associados a publicações predatórias, um dos mais mencionados é a falta de conhecimento. “Para não cairmos em um golpe, precisamos reconhecê-lo”, resumiu o professor, recém-chegado ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC), da Universidade de São Paulo, em São Carlos. E-mails e convites insistentes e valores abaixo da média para publicação também estavam entre os pontos mais destacados pelos participantes.

Se esses resultados eram esperados, outros surpreenderam em um primeiro momento. Por exemplo: acadêmicos experientes demonstraram maior preocupação com os custos de publicação em comparação com os em início de carreira, o que poderia torná-los especialmente suscetíveis aos preços atraentes das revistas predatórias.

O artigo destaca que “isso possivelmente reflete a estrutura de financiamento de pesquisa no Brasil, onde pesquisadores seniores são tipicamente responsáveis por gerenciar os orçamentos e pagar as taxas de processamento de artigos”.

Por trás de tudo isso, a pesquisa confirmou uma associação entre a pressão por publicar e a experiência prévia com um periódico predatório. Do seu lado, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) tem adotado métricas que priorizam a qualidade dos estudos, em detrimento da quantidade, e o impacto na sociedade. Já o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que concede bolsas e financia pesquisas, criou em março deste ano a Política de Integridade na Atividade Científica do CNPq. Entre as diretrizes, temos: “Abster-se de submeter trabalhos a periódicos, eventos ou editais reconhecidamente predatórios, ou participar de práticas editoriais fraudulentas”.

Ainda assim, essas publicações estão longe da extinção. Ao perguntar a Lobato sobre os destaques de sua pesquisa recente, ouvi que ele se surpreendeu com a sinceridade dos entrevistados. “Recebemos respostas detalhadas com um teor de ‘eu escolho um periódico porque meu orientador mandou’”, exemplifica. Nesses casos, além da confiança, é importante valorizar o pensamento crítico.

### Cardápio de tramoias

Talvez você queira ser creditado como o criador de um “biorreator de membrana baseado em inteligência artificial para tratamento de esgoto”. Ou, quem sabe, de um “robô humanoide com aplicações industriais”. Se de um lado temos revistas predatórias que aceitam artigos sem muitos critérios, do outro há fábricas de artigos científicos (as *paper mills*) prolíficas e com um portfólio de falcatruas cada vez mais extenso. Uma reportagem do jornal *The Guardian* publicada em agosto divulgou o trabalho do matemático Reese Richardson, que localizou, entre 2020 e 2026, mais de 18 mil anúncios em redes como WhatsApp, Telegram e Facebook com propostas para inflar o currículo de cientistas.

Foram identificadas 14 diferentes categorias de produtos, que vão das conhecidas ofertas para inserir artificialmente nomes em estudos falsos até a possibilidade de entrar como detentor de uma patente — a propósito, os exemplos acima são verdadeiros. A IP Australia, órgão do governo australiano em que

essas patentes foram depositadas, afirmou que está aberta a analisar suspeitas de desvios, mas que não existem evidências de que a organização vem sendo usada em larga escala para esse tipo de fraude.

O caso, no entanto, indica como as *paper mills* adotam um modelo de negócios ao mesmo tempo obscuro e agressivo, inclusive manipulando estruturas públicas vinculadas à ciência para abrir atalhos na carreira acadêmica. Uma estimativa de Richardson reportada na mesma matéria sugere que a quantidade de “produtos” desse mercado vem dobrando a cada 18 meses. Em seus estudos, ele abriu o bueiro do esgoto digital e entrou em dezenas de grupos nos quais as *paper mills* disponibilizam seus serviços a cientistas pressionados pela lógica do publicar ou perecer. Seu celular, pelo visto, não para de apitar: “Posso simplesmente olhar minhas notificações e ver que recebi 20 mensagens de WhatsApp de *paper mills* nas últimas 24 horas”.

### Um escândalo anacrônico

Quem viu a clássica série *Plantão médico* (ER na versão original) sabe: pagers faziam parte do cotidiano dos profissionais de saúde. Popular nas décadas de 1980 e 90, esse equipamento recebia — só recebia — mensagens curtas, o que, para um médico ou enfermeiro que atuou na Era Pré-Popularização do Celular, funcionava como um alerta ou chamado para atender um caso urgente, por exemplo. Eis que os pagers, ou bips, como os apelidamos por aqui, estão de volta. Uma investigação da BBC mostrou que o NHS Blood and Transplant, órgão do Reino Unido responsável por serviços de transplante, enviou informações confidenciais, como nomes completos de pacientes e tipos de órgãos necessários, de forma não encriptada para pagers de equipes de hospitais. Detalhe: esses dispositivos operam por radiofrequência, então qualquer um poderia receber as mensagens se estivesse “no canal” correto. Havia um pedido para que os pagers fossem aposentados até 2021 no sistema de saúde de lá, porém alguns elos da cadeia de transplantes não incorporaram a recomendação. O NHS Blood and Transplant, que é obrigado a proteger dados dos pacientes, confirmou a falha e afirmou que a prática foi interrompida. Será que, depois de um atentado na primeira temporada e um ataque hacker na segunda, a série *The Pitt* prestará homenagem à sua musa inspiradora com um escândalo envolvendo um aparelhinho arqueológico? ●

# Dados

## O que a ascensão das universidades chinesas tem a nos ensinar

\* Por **Sabine Righetti**

Em sua primeira edição, realizada em 2003, o ARWU (Academic Ranking of World Universities), dedicado a classificar as principais universidades do mundo, destacou a USP entre as 200 melhores instituições do mundo, mas não trouxe nenhuma universidade chinesa no topo. Pouco mais de duas décadas depois, a posição do Brasil no ranking segue bem parecida. Já na China, o cenário mudou completamente.

Em 2003, a Universidade Tsinghua estava no grupo das 201-250 melhores universidades do mundo, de acordo com a classificação do ARWU, que também é conhecido como Ranking de Shanghai (a listagem foi feita inicialmente por uma equipe de acadêmicos da Shanghai Jiao Tong). A Universidade de Pequim figurava na sequência, no grupo das 251-300 melhores universidades globais. Ambas ficavam “atrás” da USP, que estava no grupo das 152-200 melhores do mundo naquela época.

Na última edição do ranking, publicada em setembro, no entanto, a China contava com três universidades no chamado primeiro quartil da listagem: Tsinghua (18º lugar no mundo), Pequim (23º) e Zhejiang (24º) — uma ascensão sem paralelos. A USP ainda é a única

instituição brasileira entre as 200 melhores universidades do mundo: no último ARWU, figura no grupo das 101-150 melhores universidades globais.

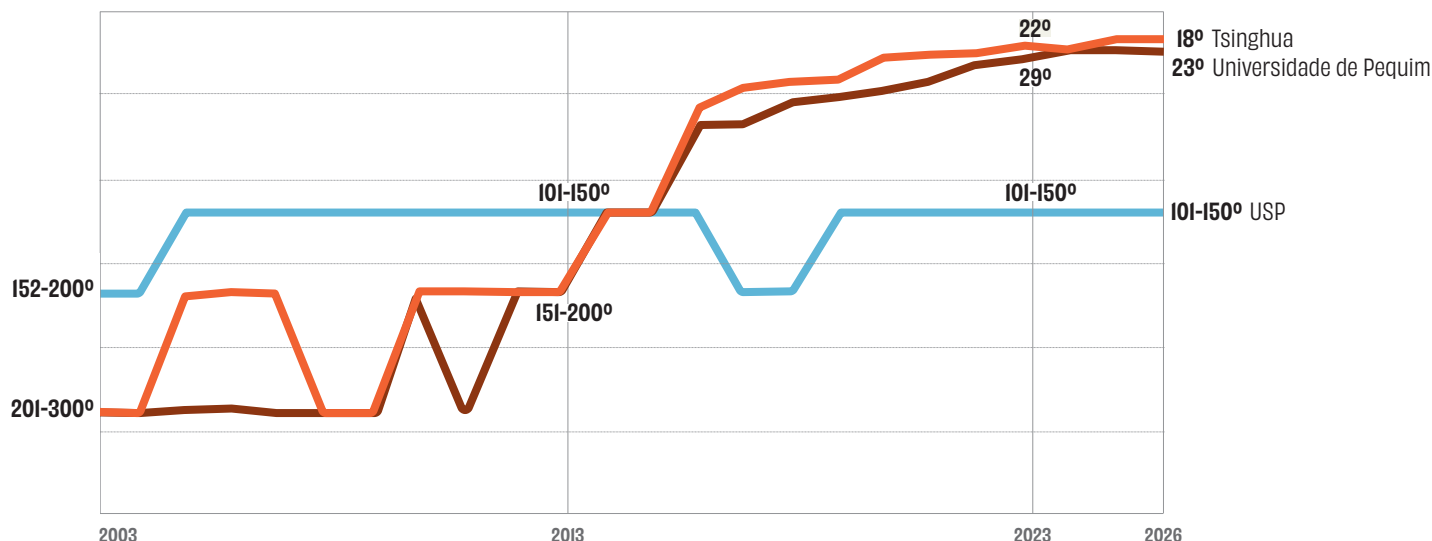
A posição da USP na classificação, vale destacar, impressiona. Apesar de ser uma das maiores e mais antigas universidades do Brasil, ela está entre as instituições mais jovens no topo da classificação mundial — e compete na produção científica em nível de igualdade. Para ter uma ideia, Harvard (EUA), a melhor universidade do mundo no ARWU desde a primeira edição da listagem, foi fundada em 1636.

É claro que rankings universitários como esse — e como as muitas listagens globais que surgiram depois dele — trazem um retrato parcial e questionável da educação superior no mundo. No caso do ARWU, por exemplo, os indicadores principais são prêmios internacionais de alto prestígio, como o Nobel e a Medalha Fields (dedicada à pesquisa em matemática), volume e impacto de publicações científicas. Então, são bem classificadas as universidades que se destacam nesses quesitos.

Ainda assim, o avanço das universidades da China nessas classificações tem algo a nos ensinar. O país tem

## China dispara

Posição no ranking mundial de universidades do ARWU (Academic Ranking of World Universities)



Universidades classificadas em posições maiores do que 100 no ranking são agrupadas em conjuntos de pelo menos 50 instituições. Neste infográfico, o ponto das universidades agrupadas está inserido no centro da faixa do grupo ao qual elas pertencem.

Fonte: ARWU/shanghairanking.com

feito um investimento maciço em ciência e tecnologia como política de Estado. A nova potência científica elevou seus gastos em pesquisa de menos de 1% do PIB em 2000 para quase 3% atualmente. Enquanto a participação da ciência no PIB do país cresceu, o próprio PIB chinês também aumentou no período.



**Enquanto o Brasil segue praticamente estável no ranking ARWU desde 2013, a China multiplicou o investimento em ciência e hoje lidera a produção científica mundial**

O resultado aparece nos números. Desde 2020, a China ultrapassou os Estados Unidos e lidera a produção científica mundial em termos de quantidade de artigos científicos. Em 2025, cientistas ligados a universidades, instituições de pesquisa, hospitais e empresas da China publicaram aproximadamente 1,4 milhão de artigos científicos, de acordo com dados da base internacional SCImago. Isso é quase o dobro da produção científica total dos Estados Unidos no mesmo ano.

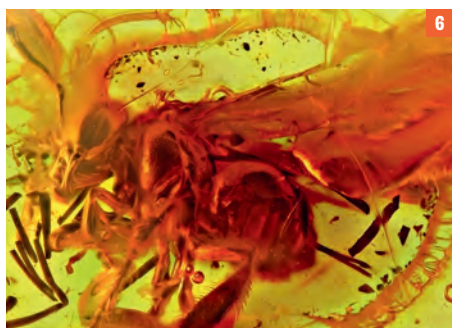
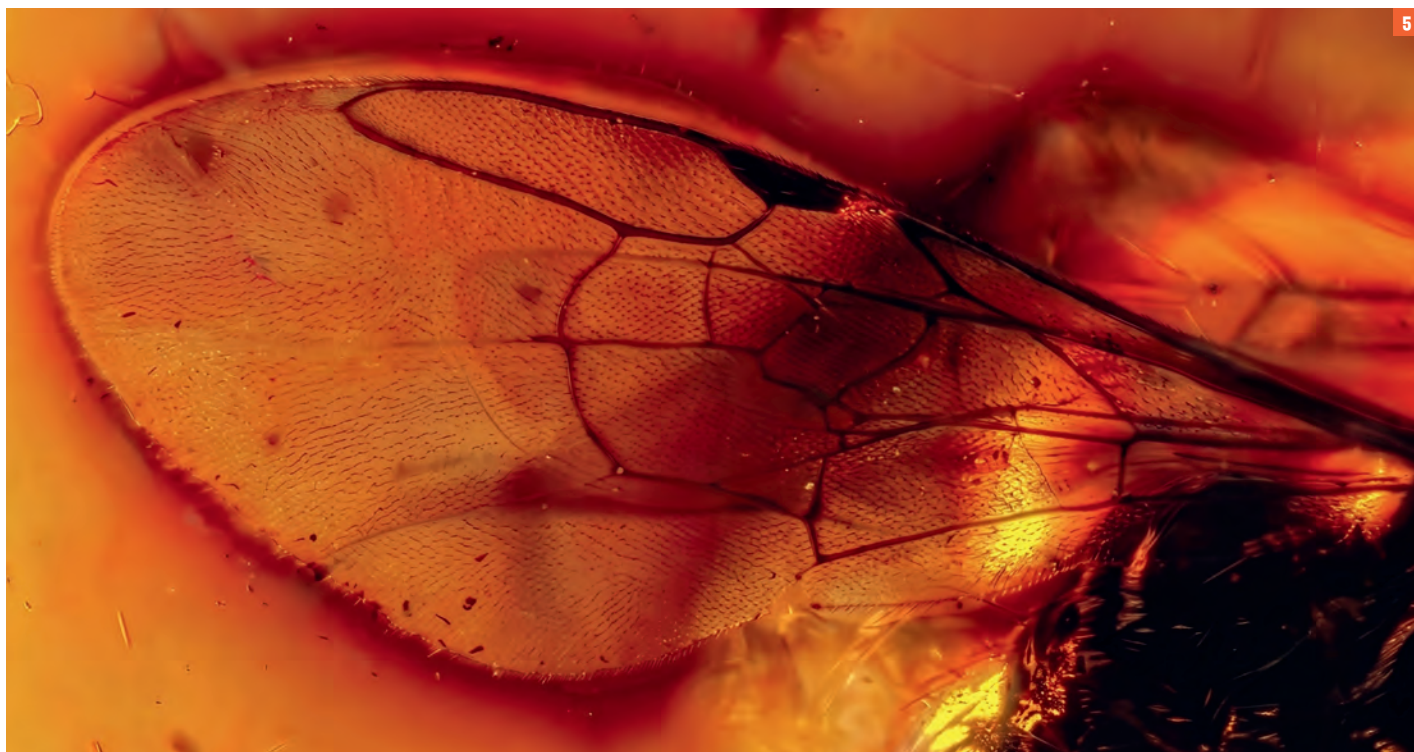
Mais do que isso, as universidades chinesas foram incentivadas a competir internacionalmente, a publicar em periódicos científicos de alto impacto e a atrair cérebros do exterior — políticas que demandam recursos. Hoje, em conversas com pós-graduandos nos corredores das universidades brasileiras sobre intercâmbios de pesquisa no exterior, as instituições da China costumam se destacar entre os destinos universitários mais desejados.

Como nos ensina a experiência chinesa, um salto quantitativo na produção científica demanda recursos contínuos em pesquisa e desenvolvimento. E deixa claro que o país se desenvolve quando a produção de conhecimento cresce. ●



## Pistas da evolução

Asas, mandíbulas, aparelho bucal e outras estruturas do exoesqueleto das abelhas guardam pistas de sua história evolutiva. Durante seu mestrado no Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FFCLRP-USP), em Ribeirão Preto (SP), o biólogo Anderson Lepeco investigou em detalhe a anatomia de 68 espécies viventes de abelhas-sem-ferrão (Meliponini), além de exemplares extintos preservados em âmbar. Orientado por Eduardo Almeida, coordenador do Laboratório de Biologia Comparada e Abelhas (LBCA), da FFCLRP-USP, Lepeco comparou características morfológicas para reconstruir relações de parentesco entre diferentes linhagens. A análise ajudou a resolver antigos impasses sobre espécies extintas, para as quais não há DNA disponível. Entre os resultados, confirmou a posição da abelha caribenha *Proplebeia dominicana*, preservada em âmbar há cerca de 18 milhões de anos, na árvore evolutiva das abelhas-sem-ferrão neotropicais, e revelou a proximidade da extinta tribo Melikertini, restrita ao Hemisfério Norte, com espécies atuais.



**Detalhes anatômicos de abelhas-sem-ferrão viventes (8-10) e de exemplares fósseis da tribo extinta Melikertini preservados em âmbar (1-7), analisados para reconstruir as relações evolutivas do grupo**

As imagens integram o estudo de Lepeco e Almeida, publicado em fevereiro de 2026 no *Bulletin of the American Museum of Natural History*. Entre os exemplares estão os fósseis *Succinapis micheneri* e *S. goeleti* e as espécies viventes *Frieseomelitta varia*, *Tetragona clavipes* e *Aparatrigona impunctata*



revistapesquisa.fapesp.br

▶ PesquisaFapesp

📷 pesquisa\_fapesp

📧 pesquisa\_fapesp

📘 PesquisaFapesp

✂ PesquisaFapesp

📞 @pesquisa\_fapesp

📞 pesquisafapesp

**pesquisafapesp**

CIÊNCIA DE PERTO, DESDE 1999

