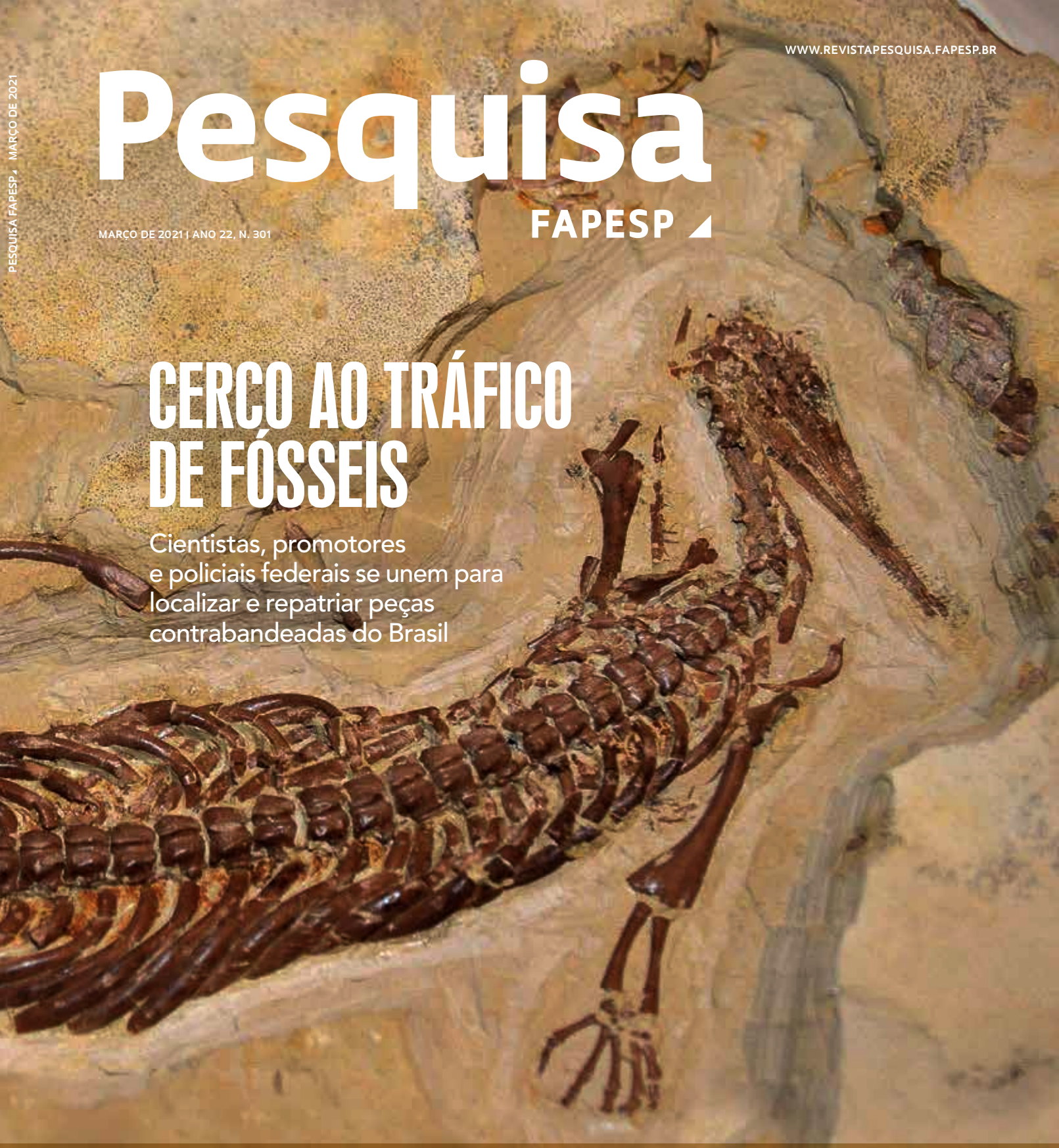
WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR

Pesquisa FAPESP

MARÇO DE 2021 | ANO 22, N. 301

PESQUISA FAPESP | MARÇO DE 2021



CERCO AO TRÁFICO DE FÓSSEIS

Cientistas, promotores e policiais federais se unem para localizar e repatriar peças contrabandeadas do Brasil

Covid-19: redes de pesquisa oferecem subsídios para o poder público; o desenvolvimento de vacinas no país; o potencial de proteção dos imunizantes

O virologista Eurico Arruda fala dos riscos das novas variantes do Sars-CoV-2

Aparelho similar a pulmão artificial ajuda a tratar pacientes em estado crítico

Número de escolas públicas militarizadas dobrou em 2020

Estudo contesta tese de que povos pré-colombianos produziram solo fértil da Amazônia

Ano 22 n. 301

Pesquisa FAPESP

ASSINE O BOLETIM **PESQUISA FAPESP** E RECEBA AS NOVIDADES GRATUITAMENTE

Na sua caixa de entrada, o conteúdo publicado exclusivamente no site, os destaques da revista impressa ou o índice da edição mensal quando ela entra no ar. Você escolhe o que quer receber.

FAÇA JÁ SUA INSCRIÇÃO http://bit.ly/BoletimPesqFapesp

revistapesquisa.fapesp.br

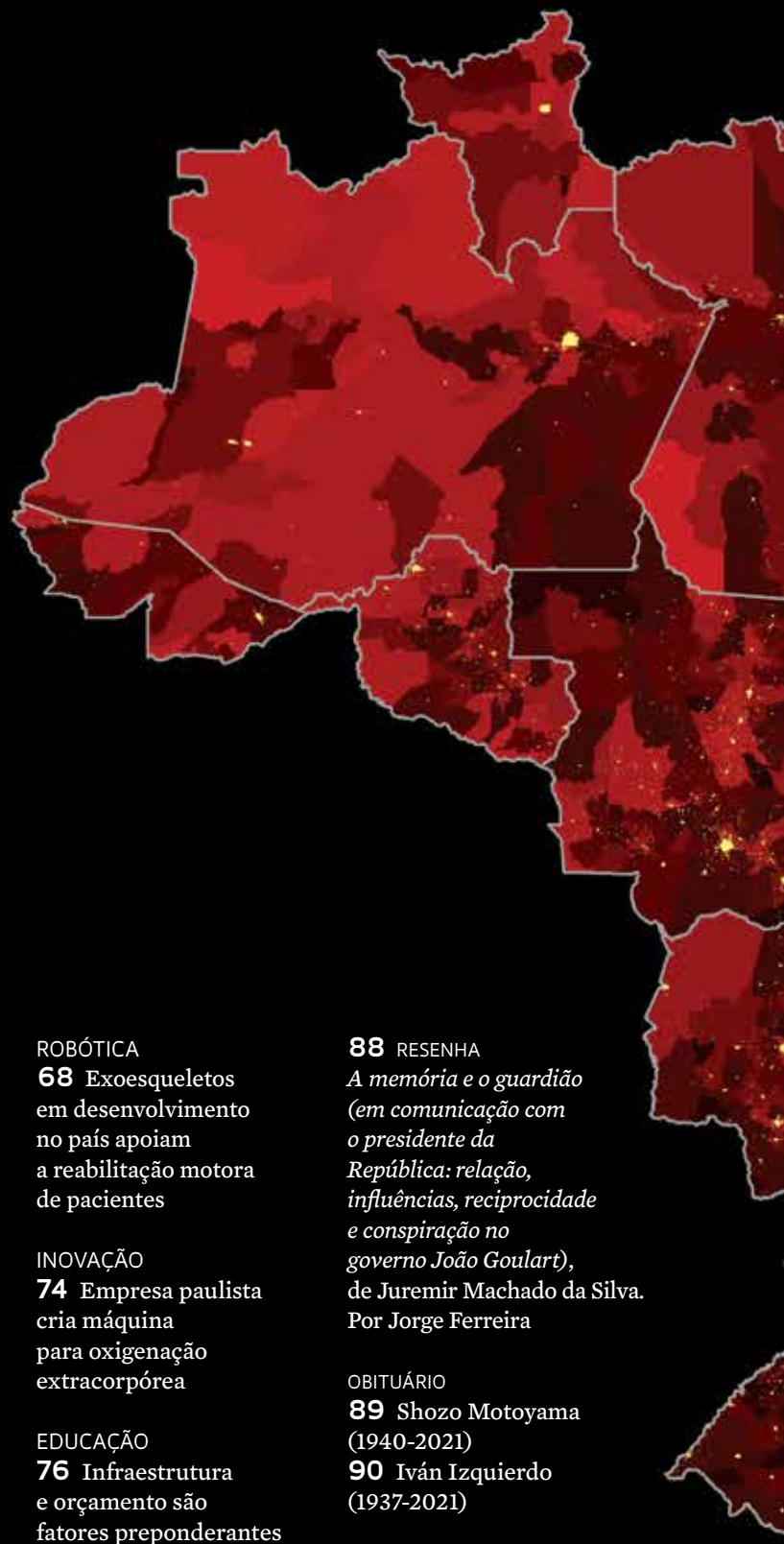
Sua pesquisa rende fotos bonitas? Mande para **imagempesquisa@fapesp.br**
Seu trabalho poderá ser publicado na revista.

No tempo das cavernas

Por volta de 7.500 anos atrás, pessoas se refugiavam no Abrigo do Alvo, em Analândia, interior paulista. Foram provavelmente elas que deixaram marcas entalhadas na rocha. "Não buscamos o significado dos códigos, que se perderam com o tempo – como se daqui a milhares de anos alguém encontrasse placas de trânsito sem contexto que permitisse interpretá-las", explica a arqueóloga Marilia Perazzo. Em parceria com o colega Astolfo Araujo, ela busca padrões gráficos entre pinturas e gravuras rupestres no estado, ainda pouco estudadas.

Imagem enviada por Marilia Perazzo, professora colaboradora no Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP)

Pesquisa FAPESP 301



3 FOTOLAB
6 COMENTÁRIOS
7 CARTA DA EDITORA

8 BOAS PRÁTICAS
Estratégias para atenuar os prejuízos de publicar em revistas predatórias

11 DADOS
Títulos de doutorado no Brasil

12 NOTAS
14 NOTAS DA PANDEMIA

COVID-19
16 Pandemia leva à criação de redes de pesquisadores para estreitar a interlocução com o poder público

24 O esforço dos centros de pesquisa brasileiros para fazer sua própria vacina

28 Escassez de investimentos aprofunda dependência de Brasil e África do Sul por imunizantes de outros países

32 Vacinação em massa revelará se formulações também evitam a infecção

ENTREVISTA
34 O virologista Eurico Arruda fala do impacto das novas variantes do Sars-CoV-2

CAPA
40 Combate ao tráfico de fósseis mobiliza paleontólogos, promotores e Polícia Federal

CIENTOMETRIA
48 Novos indicadores municiam avaliação quantitativa da produção científica

EDUCAÇÃO CIENTÍFICA
52 Prêmio reconhece projetos inovadores de alunos de escolas públicas

ARQUEOLOGIA
56 Estudo polêmico contraria tese dominante de que terra preta de índio se originou a partir de antigos assentamentos humanos

FÍSICA
62 Em sistemas bidimensionais, chance de fusão nuclear ocorrer é 1 bilhão de vezes maior

MATEMÁTICA
64 Modelo simula como aranha capta vibrações em sua teia que indicam localização da presa

ECOLOGIA
66 Doses baixas de inseticida tornam abelhas mais suscetíveis a infecções bacterianas

ROBÓTICA
68 Exoesqueletos em desenvolvimento no país apoiam a reabilitação motora de pacientes

INOVAÇÃO
74 Empresa paulista cria máquina para oxigenação extracorpórea

EDUCAÇÃO
76 Infraestrutura e orçamento são fatores preponderantes para desempenho de colégios militares e escolas militarizadas

ARTES PLÁSTICAS
82 Diálogo entre antropologia e arte impulsiona a inserção de artistas indígenas

88 RESENHA
A memória e o guardião (em comunicação com o presidente da República: relação, influências, reciprocidade e conspiração no governo João Goulart), de Juremir Machado da Silva. Por Jorge Ferreira

OBITUÁRIO
89 Shozo Motoyama (1940-2021)
90 Iván Izquierdo (1937-2021)

92 MEMÓRIA
Há 50 anos, Brasil erradicava a varíola

96 CARREIRAS
Segunda graduação permite redefinir ou ajustar o rumo da carreira profissional

MAPA EDMUR AZEVEDO PUGLIESI E RAUL BORGES GUIMARÃES (UNESP)

MARÇO 2021

Iluminação noturna em municípios do estado

Casos por 100 mil habitantes

- 84 – 1.577
- 1.578 – 2.555
- 2.556 – 3.506
- 3.507 – 4.513
- 4.514 – 5.656
- 5.657 – 7.022
- 7.023 – 8.881
- 8.882 – 11.567
- 11.568 – 17.647
- 17.648 – 26.552

Mapa mostra casos confirmados de Covid-19 em 10 de fevereiro de 2021, mês em que o país completou um ano de pandemia e registrou 250 mil mortes causadas pela doença (COVID-19, P.16)

Capa
Fóssil do réptil aquático *Mesosaurus brasiliensis* apreendido na França e devolvido ao Brasil
Foto Wilson Dias / Agência Brasil

WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR

Leia no site a edição da revista em português, inglês e espanhol, além de conteúdo exclusivo

VÍDEO YOUTUBE.COM/USER/PESQUISAFAPESP

Como a ciência foi para a mídia
Pandemia levou médicos e cientistas a se comunicarem mais para orientar a população
bit.ly/igVVozesCiencia

A importância da vacina contra Covid-19
Nunca tantos imunizantes foram desenvolvidos ao mesmo tempo para combater uma doença, nem tão rápido
bit.ly/igVCovidVacinas

PODCAST

Coronavírus, memórias e oceanos
Podcast mostra o aprendizado com os coronavírus que afetam animais, o potencial de um novo composto contra o mal de Alzheimer e o impacto do aquecimento das águas abissais do Atlântico
bit.ly/fbPBR13fev21

CONTATOS

revistapesquisa.fapesp.br

redacao@fapesp.br

PesquisaFapesp

PesquisaFapesp

pesquisa_fapesp

PesquisaFAPESP

pesquisafapesp

cartas@fapesp.br
R. Joaquim Antunes, 727
10º andar
CEP 05415-012
São Paulo, SP

ASSINATURAS, RENOVAÇÃO E MUDANÇA DE ENDEREÇO
Envie um e-mail para
assinaturaspesquisa@fapesp.br

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

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

LICENCIAMENTO DE CONTEÚDO
Adquira os direitos de
reprodução de textos
e imagens de *Pesquisa FAPESP*.
E-mail:
mpiliadis@fapesp.br

COMENTÁRIOS

cartas@fapesp.br

Revista na sala de aula

O ano de 2020 seria o início do projeto utilizando *Pesquisa FAPESP* ("Para abrir o mundo da ciência", edição 300) na Escola Estadual Zilah Ferreira V. P. de Campos, de São José dos Campos (SP). Veio a pandemia e o adiamento. Este ano começamos o projeto Con.Sciencia, no qual o foco será o letramento científico (*foto ao lado*). Já estou fazendo enquete com relação ao hábito de leitura e analisando o interesse dos assuntos escolhidos pelos alunos. Muitas vezes a capa influencia a escolha, mas, depois de folhear a revista, muitos se interessam por outros temas. Teremos um ano intenso de retomada na educação e a revista será um interessante aporte pedagógico no contexto atual.

Gisele Valle

Pesquisadores

Na entrevista "Rumos do Butantan" (edição 300), o diretor do Instituto Butantan, Dimas Covas, abordou uma questão que não tem recebido a devida atenção dos nossos políticos. Trata-se da carreira de pesquisador científico. Covas refere-se a ela como uma carreira antiga. Para nós, pesquisadores conscientes do nosso papel social, a carreira está viva, mesmo com um quadro reduzido. São os pesquisadores científicos dos institutos Butantan, Adolfo Lutz e Biológico que respondem com seus conhecimentos acumulados ao longo de anos de trabalho ao desafio da pandemia. A contratação desses profissionais por concurso público é um investimento que, certamente, vai contribuir muito para o desenvolvimento do país.

Addolorata Colariccio

1

Vídeos

Excelente o vídeo "A importância da vacina contra a Covid-19". Principalmente para quem tem dúvidas sobre vacinas.

Roque Alves

Maravilhoso! Vou enviar para toda a família que tem medo, por meio do WhatsApp.

Luan Yudi

Com a pandemia está acontecendo a aproximação entre cientistas e sociedade, o que é ótimo ("Como a ciência foi para a mídia explicar a Covid-19"). Todos nós precisamos de informação séria.

Luciane Do Nascimento Siqueira

Muito bom contribuir ao lado desses queridos!

Margareth Dalcolmo

Correção

A nota "Encolher o cérebro para poupar energia" (edição 300) afirma incorretamente que o musaranho-pigmeu (*Suncus etruscus*) seria um roedor. É um mamífero da ordem Eulipotyphla, a mesma das toupeiras.

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

Notícias que você lê no site de *Pesquisa FAPESP*

bit.ly/igCaesPessoas

Mudanças de comportamento em cães podem indicar problemas a longo prazo, como agressividade ou depressão

2

Vira-latas como estes podem ter mais medo de trovões que cachorros de raça, mas também são mais festivos e enérgicos

FOTOS 1 GISELE VALLE 2 LÉO RAMOS CHAVES

FAPESP
FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO

PRESIDENTE
Marco Antonio Zago

VICE-PRESIDENTE
Ronaldo Aloise Pilli

CONSELHO SUPERIOR
Carmino Antonio de Souza, Helena Bonciani Nader, Ignácio Maria Poveda Velasco, João Fernando Gomes de Oliveira, Liedi Legi Bariani Bernucci, Mayana Zatz, Mozart Neves Ramos, Pedro Luiz Barreiros Passos, Pedro Wongtschowski, Vanderlan da Silva Bolzani

CONSELHO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO

DIRETOR-PRESIDENTE
Carlos Américo Pacheco

DIRETOR CIENTÍFICO
Luiz Eugênio Mello

DIRETOR ADMINISTRATIVO
Fernando Menezes de Almeida

Pesquisa FAPESP
ISSN 1519-8774

COMITÊ CIENTÍFICO
Luiz Henrique Lopes dos Santos (*Presidente*), Américo Martins Craveiro, Anamaria Aranha Camargo, Ana Maria Fonseca Almeida, Carlos Américo Pacheco, Catarina Segreti Porto, Claudia Lúcia Mendes de Oliveira, Deisy das Graças de Souza, Douglas Eduardo Zampieri, Eduardo de Senzi Zancul, Euclides de Mesquita Neto, Fabio Kon, Francisco Rafael Martins Laurindo, João Luiz Filgueiras de Azevedo, José Roberto de França Arruda, José Roberto Postali Parra, Leticia Veras Costa Lotufo, Lucio Angnes, Luciana Harumi Hashiba Maestrelli Horta, Mariana Cabral de Oliveira, Marco Antonio Zago, Marie-Anne Van Sluys, Maria Julia Manso Alves, Marta Teresa da Silva Arretche, Paula Montero, Richard Charles Garratt, Roberto Marcondes Cesar Júnior, Rui Monteiro de Barros Maciel, Sérgio Robles Reis Queiroz, Wagner Caradori do Amaral e Walter Colli

COORDENADOR CIENTÍFICO
Luiz Henrique Lopes dos Santos

DIRETORA DE REDAÇÃO
Alexandra Ozorio de Almeida

EDITOR-CHEFE
Neldson Marcolin

EDITORES Fabrício Marques (*Política C&T*), Glenda Mezarobba (*Humanidades*), Marcos Pivetta (*Ciência*), Yuri Vasconcelos (*Tecnologia*), Carlos Fioravanti e Ricardo Zorzetto (*Editores especiais*), Maria Guimarães (*Site*)

REPÓRTERES Christina Queiroz, Rodrigo de Oliveira Andrade

REDATORES Jayne Oliveira (*Site*) e Renata Oliveira do Prado (*Mídias Sociais*)

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

FOTÓGRAFO Léo Ramos Chaves

BANCO DE IMAGENS Valter Rodrigues

RÁDIO Sarah Caravieri (*Produção do programa* Pesquisa Brasil)

REVISÃO Alexandre Oliveira e Margô Negro

COLABORADORES Anna Cunha, Carla Aranha, Eduardo Geraque, Domingos Zaparolli, Jorge Ferreira, Igor Zolnerkevic, Luli Penna, Marilia Perazzo, Renato Pedrosa, Sidnei Santos de Oliveira, Zé Vicente

REVISÃO TÉCNICA Adriana Valio, Célio Haddad, Gustavo Dapian, Fábio Kon, Hellmut Eckert, Maria Beatriz Borba Florenzano, Walter Colli

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

TIRAGEM 29.950 exemplares
IMPRESSÃO Plural Indústria Gráfica
DISTRIBUIÇÃO RAC Mídia Editora

GESTÃO ADMINISTRATIVA FUSP – FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PESQUISA FAPESP Rua Joaquim Antunes, nº 727, 10º andar, CEP 05415-012, Pinheiros, São Paulo-SP
FAPESP Rua Pio XI, nº 1.500, CEP 05468-901, Alto da Lapa, São Paulo-SP

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

Instituto Verificador de Comunicação IVC
anatec www.anatec.org.br

Patrimônio desviado

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

A extração ilegal de fósseis é um problema pouco noticiado e mais comum do que se imagina. Quando os países com solo rico em registros pré-históricos são nações em desenvolvimento, que frequentemente padecem de limitações como fiscalização insuficiente, essas valiosas peças podem acabar contrabandeadas. Assim, terminam nas mãos de colecionadores particulares ou mesmo em museus.

Desde 1970, convenção da Unesco – da qual o Brasil é signatário – determina a proibição e promove a prevenção da importação, exportação e transferência de propriedade ilícita de bens culturais. Cabe a cada Estado designar em que constituem seus bens culturais, conceito que engloba, entre outras categorias, os objetos de interesse paleontológico.

Do Brasil, são especialmente cobiçadas as peças oriundas da bacia do Araripe, no Nordeste, região rica em remanescentes fósseis de animais pré-históricos com tecidos moles bem preservados, bastante raros. A comunidade científica, a Polícia Federal e o Ministério Público têm colaborado para localizar peças extraídas do país ilegalmente, denunciar sua venda em leilões e promover seu repatriamento. O movimento também envolve a pressão a revistas científicas para evitar a publicação de resultados de pesquisa feita com base em fósseis contrabandeados ou obtidos de forma antiética (*página 40*). A evasão desse material não apenas representa uma perda patrimonial para o país de origem, como afeta a formação de técnicos e pesquisadores, perdendo-se a oportunidade de valorização desses bens culturais pela população.

No último mês, o Brasil ultrapassou dois marcos terríveis na pandemia causada pelo novo coronavírus: 10 milhões de casos e 250 mil mortos. *Pesquisa FAPESP* acompanha os acontecimentos e noticia políticas públicas e avanços científicos relacionados à Covid-19. Nesta edição, três reportagens tratam de vacinas: explicamos a diferença entre imunizantes que apenas impedem a doença e os que também barram a entrada do vírus no corpo (*página 32*); mostramos por que Brasil e África do Sul estão na lanterna do conjunto de países chamado Brics quanto ao desenvolvimento de uma vacina própria (*página 28*); e contamos como andam os projetos dos candidatos a imunizantes brasileiros (*página 24*).

Com a crise sanitária desencadeada pela Covid-19, pesquisadores atuantes em diversas áreas do conhecimento têm estabelecido redes de trabalho com o poder público, oferecendo subsídios científicos para a formulação de políticas públicas e procurando contribuir na tomada de decisões. Levantamento feito por *Pesquisa FAPESP* identificou ao menos 20 iniciativas, que variam de metodologias para antecipar a dinâmica de disseminação de vírus ao levantamento de dados sobre populações vulneráveis, permitindo que sejam adequadamente contemplados em políticas de mitigação dos impactos da pandemia (*página 16*).

Estudioso do coronavírus desde os anos 1980, o virologista Eurico Arruda tranquiliza leitores de sua esclarecedora entrevista (*página 34*) ao apontar que, do ponto de vista evolutivo, a tendência é que as sucessivas mutações pelas quais passa o novo coronavírus farão dele um patógeno menos nocivo para seu hospedeiro humano. Ao mesmo tempo, Arruda alerta para a necessidade de monitoração intensiva das variantes de vírus que circulam na população, em todos os cantos do país. Sem esse acompanhamento e de outros testes, não há como saber se elas escapam dos anticorpos induzidos pelas vacinas, à medida que a população for imunizada.

Como sobreviver ao veneno das revistas predatórias

Pesquisadores buscam estratégias para atenuar os prejuízos de publicar em periódicos fraudulentos

A resiliência das revistas predatórias, que divulgam artigos científicos em troca de dinheiro e sem submetê-los a uma avaliação por pares genuína, fez com que o combate a essas publicações ganhasse um novo front: na impossibilidade de eliminá-las, tenta-se reduzir os danos que elas provocam na credibilidade da comunicação científica e na reputação de autores. Um fórum realizado em dezembro pelo Committee on Publication Ethics (Cope), entidade internacional que mobiliza editores na discussão de temas de integridade científica, evidenciou esse debate.

Um dos tópicos abordados foi a viabilidade de criar um mecanismo capaz de garantir a pesquisadores a prerrogativa de exigir a retratação de um artigo quando descobrissem que haviam publicado em um periódico fraudulento. Ocorre que, na maioria dos casos, os editores dessas revistas simplesmente ignoram os pedidos dos autores ou então aproveitam para exigir o pagamento de uma "taxa de retratação", de algumas centenas de dólares – já existe inclusive a figura do "manuscrito refém", à espera de um resgate para poder ser cancelado. A conclusão do Cope foi de que seria impraticável criar uma instância para decretar retratações à revelia, já que o periódico se torna detentor dos direitos sobre o artigo.

A ideia corrente de que pesquisadores recorrem a revistas predatórias para inflar de forma ilegítima sua produção científica simplifica um fenômeno complexo. A epidemiologista canadense Kelly Cobey, do Ottawa Hospital Research Institute, publicou em 2018 na revista *BMJ Open* um levantamento sobre as motivações de autores da área biomédica que publicaram em periódicos com práticas enganosas. Quase a metade dos entrevistados disse só ter percebido que o título era de baixa reputação depois que já haviam submetido o trabalho. O estudo também mostra que os pesquisadores recorreram a essas revistas depois de tentativas fracassadas: um terço havia tido seu *paper* rejeitado anteriormente e, desse grupo, 43% ouviram um não duas vezes. A pesquisadora, que participou do fórum realizado pelo Cope, está desenvolvendo uma alternativa às nem sempre atualizadas listas de periódicos predatórios: uma plataforma de acesso aberto capaz de informar as práticas e o grau de transparência de cada revista científica. "A ferramenta que está sendo desenvolvida vai incluir títulos de todo tipo, não apenas os de acesso aberto", explicou Cobey, referindo-se ao escopo habitual das listas de publicações embusteiras.

A ideia de que autores recorrem a títulos de baixa reputação apenas para inflar sua produção simplifica um fenômeno complexo

Utilizar periódicos predatórios pode trazer vários prejuízos. Um deles é o risco de o *paper* desaparecer. É comum que essas revistas sejam descontinuadas sem deixar rastros na internet assim que suas práticas são denunciadas. Mesmo que isso não aconteça, bases de dados como Web of Science e Scopus têm por norma não indexar tais revistas, reduzindo a chance de que seus artigos recebam citações. Mas o dano à reputação talvez seja o principal problema. Ter um trabalho publicado em um título desses, no qual há dúvidas se houve mesmo revisão por pares, pode prejudicar um pesquisador em um processo rigoroso de avaliação.

Existem cuidados que os autores podem tomar para garantir que seu trabalho tenha uma revisão por pares adequada mesmo se vier a ser publicado em uma revista predatória. Em um artigo divulgado em janeiro no periódico *Publications*, da editora suíça MDPI, o psicólogo Yuki Yamada, da Universidade de Kyushu, no Japão, compilou uma série de dicas e recomendações para preservar a lisura e a robustez de um *paper*. Um dos recursos propostos é o uso do relatório registrado, já disseminado na área médica e que vem conquistando espaço em disciplinas como a psicologia. Por meio desses relatórios, o pesquisador declara métodos, planos e protocolos de uma pesquisa que ainda não foi iniciada. Isso dá mais transparência e credibilidade aos resultados, pois impede que se modifique a hipótese ou dados sejam suprimidos ao final do trabalho, distorcendo-o.

Outro expediente é obter avaliações independentes antes de publicar o artigo. Algumas empresas de comunicação científica especializadas em ajudar autores a editar seus manuscritos em inglês oferecem também serviços pagos de revisão por pares. Os resultados da revisão podem ser consultados em um link fornecido pela empresa atestando que o *paper* passou por um crivo de qualidade mínimo. Há alternativas gratuitas, como a plataforma Review Commons (www.reviewcommons.org), composta por pesquisadores das ciências biomédicas e da vida que avaliam manuscritos antes de serem publicados. Os relatórios dos revisores sugerem aperfeiçoamentos nos trabalhos e comentam seu potencial para comunidades disciplinares específicas, ajudando os autores a escolher as plataformas de *preprints* ou os periódicos mais adequados. O pesquisador pode optar por submeter o artigo a alguma das 17 revistas da editora Embo Press, que coordena a iniciativa – o processo de revisão, nesse caso, é mais rápido, pois leva em conta as considerações do relatório. Outro serviço gratuito que oferece validação científica para manuscritos é o Peer Community In (peercommunityin.org), financiado pelo Instituto Nacional de Pesquisa em Agricultura e Ambiente da França (Inrae). Manuscritos de boa qualidade recebem uma carta de recomendação, que comenta os pontos fortes e as limitações do artigo, além de sugerir referências. Há ainda a possibilidade de obter recomendações públicas. Existem serviços na internet como o plaudit.pub por meio do qual pesquisadores cadastrados na plataforma Orcid podem analisar e endossar o conteúdo de manuscritos. Repositórios de *preprints* como o PsyArXiv são parceiros do serviço.

Yamada considera que a pressão sobre pesquisadores para que publiquem muitos artigos faz com que muitos deles se tornem presas fáceis de revistas predatórias – já que elas enviam e-mails frequentes e persuasivos oferecendo falsas promessas. Ele decidiu compilar as recomendações para ajudá-los. "Na vida acadêmica, não conseguir publicar seu trabalho equivale à morte profissional", conclui. ■

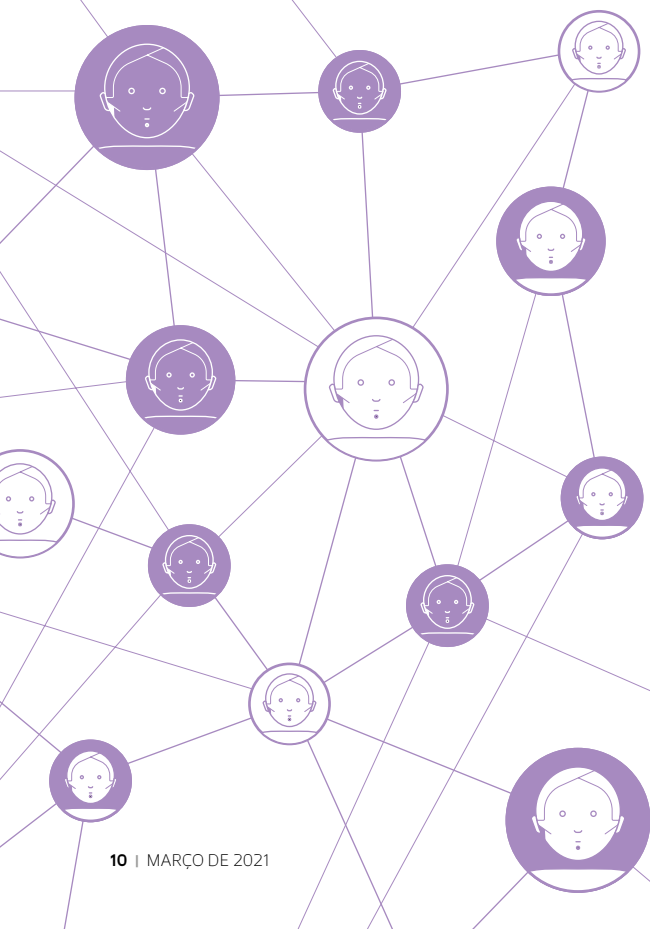
Fabrício Marques

HARRY TODD / FOX PHOTOS / HULTON ARCHIVE / GETTY IMAGES

Dicas contra má conduta em linguagem simples

A Pró-reitoria de Pesquisa da Universidade Estadual Paulista (Prope/Unesp) criou uma página na internet com dicas sobre boas práticas e questões relacionadas à integridade científica. Batizado de Propetips (bit.ly/378TDnh), o serviço aborda tópicos como plágio, exageros em autocitações, a forma correta de atribuir a autoria de um trabalho científico, a identificação das revistas predatórias, entre outros, em um total, até agora, de 26 verbetes.

O trabalho é liderado desde 2018 por José Augusto Chaves Guimarães, do Departamento de Ciência da Informação da Faculdade de Filosofia e Ciências da Unesp, *campus* de Marília, que à época presidia a Comissão Institucional para Rankings da universidade. "A ideia original era criar um conjunto de orientações para ajudar os docentes e alunos da Unesp a garantir maior visibilidade para seus trabalhos, como os cuidados com a assinatura e o registro de afiliação institucional de artigos ou a importância da inscrição do pesquisador no cadastro Orcid, que torna sua produção científica mais acessível para as empresas responsáveis por fazer rankings de universidades", explica Guimarães. Logo, o escopo das Propetips foi ampliado, oferecendo referências capazes de disseminar boas práticas acadêmicas, como a elaboração e a recepção de pareceres científicos, a escolha de palavras-chave em *papers* e a construção de *abstracts* mais informativos, além de prevenir situações de má conduta. "Os textos são curtos, utilizam linguagem acessível e seu objetivo é informar e estimular comportamentos adequados, sem o viés às vezes normativo ou punitivo que diretrizes sobre boas práticas costumam ter. Procuram sempre orientar os pesquisadores, em uma ação indutora que leve à reflexão. Já me disseram que algumas dicas são óbvias e que todos os pesquisadores deveriam conhecê-las, mas se fossem mesmo óbvias não teríamos problemas relacionados à pouca visibilidade acadêmica e à má conduta científica", afirma. A repercussão do trabalho, segundo o pesquisador, tem sido favorável. "Recebi e-mails de docentes informando que estavam incorporando as dicas à bibliografia de suas disciplinas." O pesquisador planeja, em breve, escrever algo sobre o fenômeno da hiperautoria, que é a disseminação de artigos científicos com centenas e até milhares de autores. "É um assunto preocupante, porque fica difícil compreender qual foi a contribuição individual de cada pesquisador no trabalho. Isso pode, ainda, abrir um flanco para a atribuição de autoria a nomes que talvez devessem estar apenas nos agradecimentos." Recentemente, as Propetips foram incorporadas às estratégias da Comissão de Integridade, Ética e Práticas de Pesquisa da Unesp, criada em 2017, da qual Guimarães passou a fazer parte recentemente.



Em cada agência, um oficial de integridade

O presidente dos Estados Unidos, Joe Biden, determinou no dia 27 de janeiro uma revisão das políticas de integridade científica de todas as agências federais. O memorando "Restaurando a confiança do governo por meio da ciência e da integridade e da formulação de políticas baseadas em evidências" destaca a necessidade de evitar "interferências políticas impróprias" e determina que as agências, mesmo aquelas que não financiam atividades de pesquisa, tenham em seus quadros um oficial de integridade científica, profissional encarregado de zelar pelo uso adequado da ciência na formulação de políticas. O governo do seu antecessor, Donald Trump, foi acusado de interferir em decisões técnicas de órgãos como a Agência de Proteção Ambiental e dos Centros de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) e de impedir a divulgação de avaliações de pesquisadores.

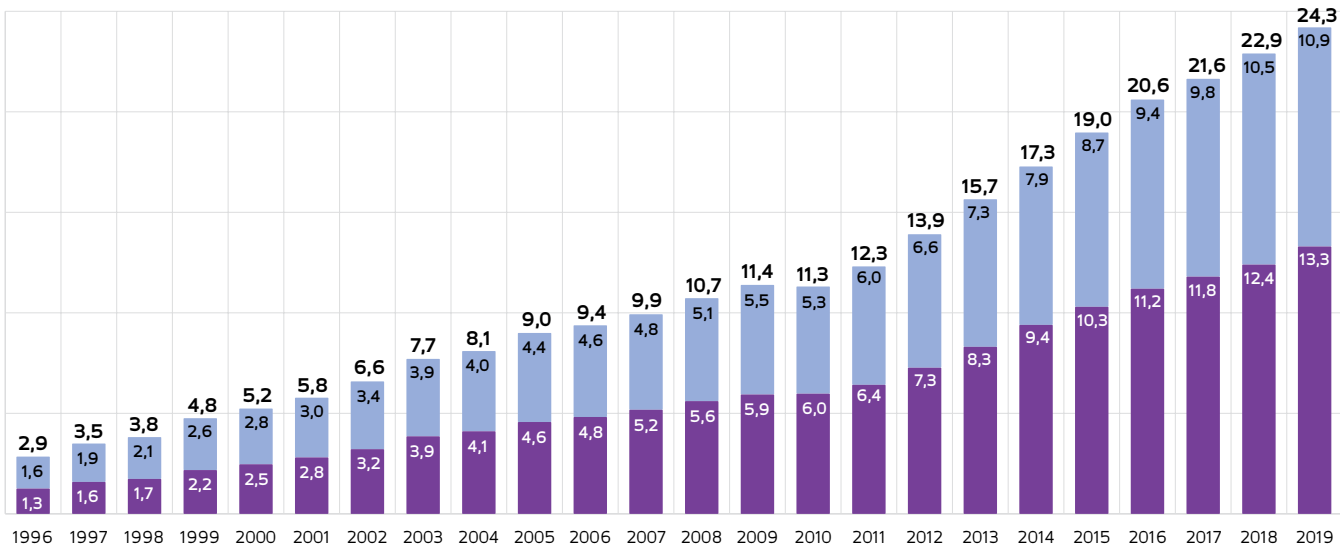
A responsabilidade por monitorar a integridade científica em órgãos do governo caberá ao geneticista Eric Lander, conselheiro de Biden para assuntos ligados à ciência. O Escritório de Administração e Orçamento da Casa Branca vai avaliar nos próximos quatro meses formas de expandir o conjunto de metodologias utilizadas em políticas baseadas em evidências, incorporando a elas conhecimentos em ciência de dados, ciências sociais e comportamentais. As agências federais também deverão reconsiderar suas necessidades de obter aconselhamento ou assessoria de órgãos consultivos. O objetivo é verificar se é preciso reforçar o apoio que elas recebem de painéis e de especialistas qualificados.

DADOS | Títulos de doutorado no Brasil

MULHERES NA LIDERANÇA

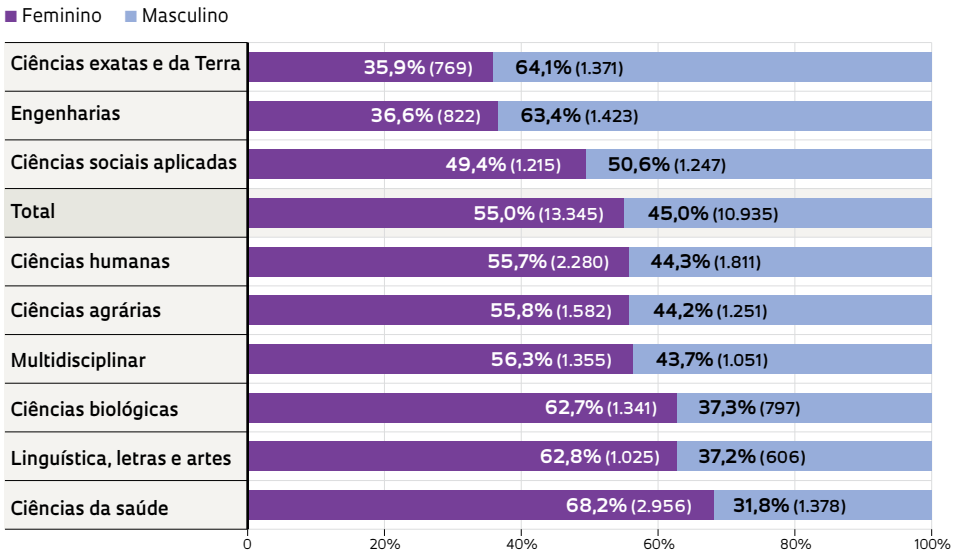
- Foram concedidos 24.280 títulos de doutorado no país em 2019, crescimento de 6,1% sobre os 22.894 títulos concedidos em 2018
- Mulheres receberam 13.345 deles, ou 55% do total, participação que está nesse patamar desde 2014. Elas são maioria desde 2003. Em 1996, homens formavam a maioria dos titulados, representando 56% do total

TÍTULOS DE DOUTORADO POR SEXO DO TITULADO (EM MILHARES) – BRASIL 1996-2019*



TÍTULOS E PARTICIPAÇÃO POR ÁREA E SEXO

TÍTULOS DE DOUTORADO POR GRANDE ÁREA E SEXO DO TITULADO – BRASIL 2019



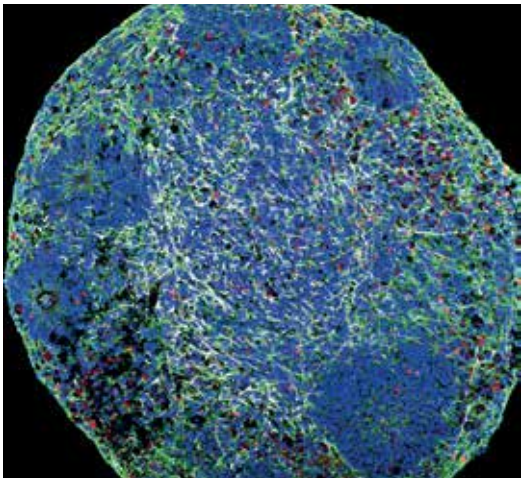
- Mulheres receberam a maioria dos títulos em seis das nove grandes áreas de pós-graduação (Capes)
- A maior participação feminina ocorreu na área de ciências da saúde (68%), que também foi a que teve o maior número de títulos de doutorado concedidos em 2017 (4.334, ou 18% do total)
- Em 1996, as mulheres eram maioria em apenas três áreas: linguística, letras e artes (68%), ciências biológicas (62%) e ciências humanas (58%). Nas demais, sua participação era abaixo de 43%, sendo de apenas 26% na de engenharias

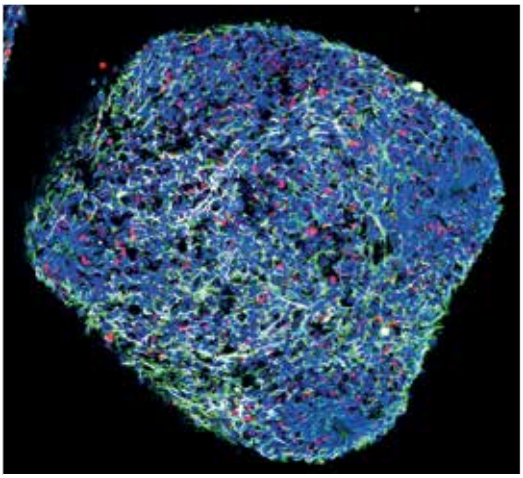
* AS SOMAS DOS VALORES PODEM NÃO COINCIDIR COM OS TOTAIS, EM RAZÃO DE ARREDONDAMENTOS
FONTES 1996-2012 – MESTRES E DOUTORES 2015, CGEE (2016). 2013-2019 – PLATAFORMA SUCUPIRA/CAPES. ELABORAÇÃO: GERÊNCIA DE ESTUDOS E INDICADORES, DPCTA/FAPESP

Placas contendo minicérebros em meio de cultura

Um cérebro talvez mais simples

A técnica de edição gênica Crispr-Cas9, que funciona como uma tesoura microscópica muito precisa, permitiu cortar o DNA de células-tronco e substituir nelas um gene chamado Nova1 por sua versão arcaica, que existia nos neandertais e denisovanos, hominídeos já extintos. As células com a versão do gene encontrada em neandertais foram depois cultivadas até se tornarem organoides cerebrais, ou minicérebros. Aqueles com o gene arcaico se desenvolveram mais rapidamente do que os com o gene igual ao dos seres humanos modernos. Os organoides com o gene neandertal, no entanto, ficaram menores, possivelmente porque apresentavam uma proliferação mais lenta dos neurônios e uma taxa maior de morte celular programada, a apoptose. Os minicérebros com o gene editado também tinham uma superfície mais convoluta, supostamente devido à divisão celular menos organizada, e uma atividade reduzida de comunicação entre os neurônios. O trabalho, coordenado pelo biólogo brasileiro Alysson Muotri, da Universidade da Califórnia em San Diego, Estados Unidos, sugere que o surgimento da versão moderna do Nova1 pode ter contribuído para uma maior sofisticação do cérebro do *Homo sapiens* (*Science*, 12 de fevereiro). Do ponto de vista evolutivo, é revelador que a variante, uma vez surgida, tenha se tornado a única versão do gene presente em populações humanas – um sinal de seleção natural forte. O trabalho teve participação de pesquisadores da Universidade Federal do ABC e da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.





O minicérebro com o gene de neandertal (*ao lado*) é menor e tem superfície mais irregular do que o minicérebro com genes humanos (*à esq.*)

FOTOS LABORATÓRIO ALYSSON MUOTRI / UCSD

Responsabilidade e diplomacia na ciência

Dois brasileiros, o físico Ricardo Galvão e o climatologista Carlos Nobre, foram homenageados em 10 de fevereiro no encontro anual da Associação Americana para o Avanço da Ciência (AAAS), uma das maiores e mais antigas sociedades científicas do mundo. Professor da Universidade de São Paulo (USP) e ex-diretor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), Galvão recebeu neste ano o prêmio de Liberdade e Responsabilidade Científica, concedido a pesquisadores que põem em risco a carreira ou a segurança pessoal para resguardar a ciência em situações desafiadoras. Em meados de 2019, ele defendeu publicamente a qualidade e a confiabilidade de dados do Inpe que mostravam aumento expressivo no desmatamento da Amazônia dos ataques promovidos pelo presidente Jair Bolsonaro. Como consequência, Galvão foi exonerado. Nobre, ex-pesquisador do Inpe e atualmente pesquisador sênior do Instituto de Estudos Avançados da USP, foi agraciado com o prêmio de Diplomacia Científica, por seu "trabalho abrangente voltado a compreender a biodiversidade e a proteger os povos indígenas da Amazônia".

1

2

Nobre e Galvão (*ao lado*), premiados em evento da AAAS

Vacinação evitou 37 milhões de mortes em 98 países

A vacinação contra alguns dos principais agentes causadores de doenças teve um impacto significativo na saúde pública de países de baixa e média renda, ajudando a salvar 37 milhões de vidas entre 2000 e 2019. Estima-se que esse número suba para 69 milhões até 2030, sendo as crianças com menos de 5 anos de idade as mais beneficiadas. Os números constam de um estudo desenvolvido por 16 grupos de pesquisa independentes, coordenados pelo epidemiologista britânico Neil Ferguson, do Imperial College em Londres, no Reino Unido. Eles estimaram e projetaram o impacto dos programas de imunização contra 10 patógenos, entre eles o da hepatite B, do sarampo, da rubéola e da febre amarela, em 98 países. Verificaram um aumento no número médio de vacinas aplicadas nas últimas duas décadas, sobretudo em crianças com menos de 5 anos (*The Lancet*, 30 de janeiro). Segundo eles, a mortalidade pelas 10 doenças avaliadas nessa faixa etária seria 45% maior na ausência da imunização. A vacinação contra o sarampo é a que tem o maior impacto: pode evitar a morte de 58 milhões de pessoas nascidas entre 2000 e 2030.

Imagem do planeta vermelho obtida pela sonda Al-Amal, dos Emirados Árabes

3

Alta temporada em Marte

A exploração de Marte ganhou novo fôlego mês passado, com a chegada de três espaçonaves, cada uma controlada por uma nação diferente. A primeira foi a sonda espacial Hope, ou Al-Amal, que significa esperança, em árabe. Ela foi construída e operada pelo Centro Espacial Mohammed bin Rashid, em Dubai, Emirados Árabes Unidos, em parceria com a Universidade do Colorado em Boulder, Estados Unidos. Entrou na órbita de Marte no dia 9 e seguirá ativa por algum tempo estudando a meteorologia do planeta. No dia 10, a sonda Tianwen-1 (questões celestiais-1, em mandarim), a primeira missão interplanetária bem-sucedida da China, realizou sua volta inicial ao redor do planeta vermelho. Até maio, a agência espacial chinesa deve tentar pousar a sonda e operar um veículo robótico para explorar o terreno na maior bacia sedimentar do planeta, Utopia Planitia. Em 18 de fevereiro, a Nasa fez seu quinto jipe-robô, o Perseverance (perseverança), descer na superfície de Marte. Ele investigará parte da cratera Jezero, o terreno mais antigo já explorado no planeta, que teria sido um lago há 3,9 bilhões de anos. O jipe é acompanhado do veículo aéreo Ingenuity (engenhosidade), que deve se tornar a primeira aeronave pilotada em outro planeta.

Jipe-robô Perseverance durante pouso em Marte

4

FOTOS 1 FRANCO ORIGLIA / GETTY IMAGES 2 LÉO RAMOS CHAVES 3 UAESA 4 NASA/JPL-CALTECH

NOTAS DA PANDEMIA

1

Rua deserta em Araraquara, interior de São Paulo, durante *lockdown* decretado em fevereiro após detecção de variante de Manaus

Variações preocupantes de um vírus

O novo coronavírus não para de surpreender e assustar. Nos primeiros meses de 2021, surgiram informações sobre o espalhamento rápido de novas variantes do Sars-CoV-2. À medida que se multiplica, o vírus pode acumular erros (mutações) em seu material genético. Uma variante é um grupo de vírus que compartilha mutações em comum e difere do vírus originalmente descrito. Hoje, três variantes preocupam as autoridades de saúde: a 501Y.V1, a 501Y.V2 e a 501Y.V3. Elas aparentemente se espalham mais rápido do que a versão do vírus identificada pela primeira vez em Wuhan, na China, em 2019. Também há sinais de que as duas últimas possam escapar à ação de anticorpos produzidos a partir do uso de algumas vacinas. A primeira identificada – a 501Y.V1, também conhecida como 20I/501Y.V1 e 202012/01 – surgiu em setembro de 2020 no Reino Unido e cinco meses depois já era transmitida localmente em mais de 80 países. A 501Y.V1 acumula 17 mutações em relação à de Wuhan e compartilha com as outras duas variantes uma alteração importante: a N501Y, que altera a proteína da espícula do vírus e facilita sua adesão às células humanas. A 501Y.V2 foi detectada em outubro na África do Sul e já tem transmissão local na América do Norte e Europa. Entre suas mutações, uma parece ser importante por poder atrapalhar a ação dos anticorpos: a E484K, na espícula. Essa mesma mutação é apresentada pela variante 501Y.V3, original do Amazonas e que atualmente se dissemina pelo Brasil. Ela já foi detectada em viajantes no Japão, nos Estados Unidos e na Europa.

Desempenho péssimo

O desempenho do Brasil no combate à pandemia foi considerado o pior do mundo, segundo levantamento divulgado em janeiro pelo Instituto Lowy, da Austrália. O Brasil ocupou o último posto entre 98 nações das quais havia dados disponíveis até o início de janeiro. A equipe do instituto classificou o desempenho com base em seis categorias: total de casos; total de mortes confirmadas; número de casos por milhão de habitantes; número de mortes por milhão de habitantes; número de casos confirmados em proporção à testagem; e número de testes por mil habitantes. O Brasil foi acompanhado de perto por México, Colômbia, Irã e Estados Unidos. Os países que lidaram melhor com a pandemia tinham menos de 10 milhões de habitantes, caso da Nova Zelândia, Chipre e Ruanda, embora o Vietnã (97 milhões) e a Tailândia (70 milhões) tenham se saído bem. Segundo a análise, os níveis de desenvolvimento socioeconômico ou diferenças nos sistemas políticos influenciaram pouco. "Em geral, países com populações menores, sociedades coesas e instituições capacitadas têm vantagem em lidar com uma crise global, como uma pandemia", afirmou o instituto em nota.

Classificação*

		Países	Pontos
Melhores	1º	Nova Zelândia	94,4
	2º	Vietnã	90,8
	3º	Taiwan	86,4
	4º	Tailândia	84,2
	5º	Chipre	83,3
Piores	94º	Estados Unidos	17,3
	95º	Irã	15,9
	96º	Colômbia	7,7
	97º	México	6,5
	98º	**Brasil**	4,3

* DADOS DE 9 DE JANEIRO DE 2021

FONTE INSTITUTO LOWY

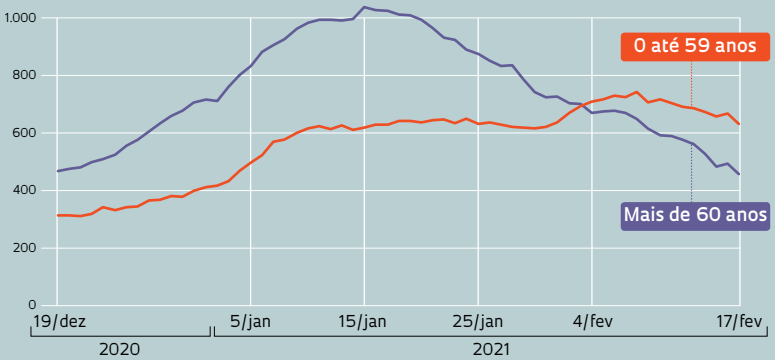
Queda em adoecimento e hospitalizações

Israel já experimenta os efeitos da vacinação contra Covid-19. Segundo dados do Ministério da Saúde daquele país, entre meados de janeiro e o início de fevereiro, houve uma queda de 41% no número de casos confirmados da doença e de 31% no índice de hospitalizações de pessoas com 60 anos ou mais. Cerca de 90% da população nessa faixa etária já recebeu a primeira das duas doses do imunizante da farmacêutica norte-americana Pfizer. Entre os indivíduos com 59 anos ou menos – dos quais pouco mais de 30% foram imunizados –, o recuo foi de 12% no total de casos confirmados e de 5% no de hospitalizações no mesmo período. "O que estamos vendo são sinais iniciais muito encorajadores de que a vacina está funcionando", disse à revista *Nature* Florian Krammer, virologista da Escola de Medicina Icahn no Monte Sinai, em Nova York, Estados Unidos. Estima-se, porém, que o sucesso israelense se deva também a outros fatores. Em 8 de janeiro, o governo impôs novo *lockdown* em resposta ao agravamento da epidemia no país, o que, segundo os especialistas, pode ter ajudado a impulsionar os efeitos da vacinação.

2

Israelense recebe vacina contra Covid-19

Novas hospitalizações em Israel, por faixa etária



FONTES ROSSMAN, H. *ET AL.* **"PATTERNS OF COVID-19 PANDEMIC DYNAMICS FOLLOWING DEPLOYMENT OF A BROAD NATIONAL IMMUNIZATION PROGRAM"**, 2021

Quem mais se arrisca a sair de casa

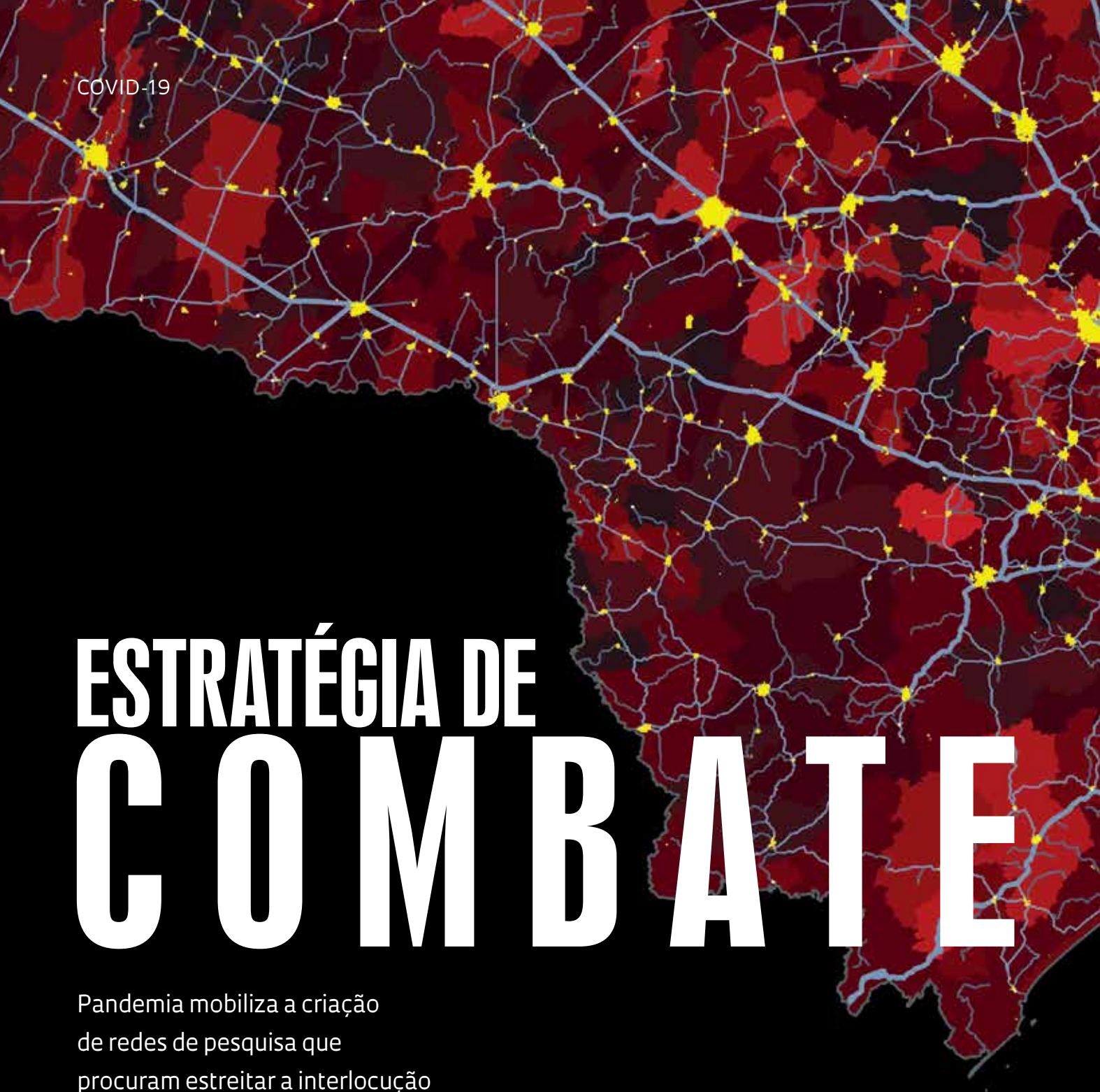
Pessoas de classe média e alta têm disposição maior do que pessoas de baixa renda a sair de casa para trabalhar na pandemia mesmo correndo o risco de contrair o novo coronavírus, segundo estudo de pesquisadores da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS). O grupo do psiquiatra Rodrigo Grassi de Oliveira preparou um questionário on-line para estimar, em um cenário hipotético, qual risco de contágio (variando de 5% a 80%) as pessoas aceitariam enfrentar para desrespeitar o distanciamento social e manter a renda e a partir de qual probabilidade de contágio ficariam em casa. Houve 7,2 mil participantes. Em média, as pessoas enfrentariam um risco de contágio de até 38% para ir ao trabalho e manter a renda, mas de até 13% se a possibilidade fosse de adoecer gravemente. Aqueles com mais de 35 anos e renda média ou alta mostraram propensão maior a ir trabalhar para manter o rendimento, mesmo com alto risco de contágio. Nesse grupo, só não se dispunham a sair de casa, mesmo que perdessem a renda, os com mais de 45 anos e boa saúde financeira (*PLOS ONE*, 19 de janeiro).

3

Uso de anticorpo reduz mortes

Um ensaio clínico coordenado por pesquisadores da Universidade de Oxford, no Reino Unido, identificou um segundo medicamento capaz de reduzir a mortalidade de pessoas com quadro grave de Covid-19. É o anticorpo monoclonal tocilizumab, produzido pela farmacêutica suíça Roche para tratar artrite. No estudo Recovery, o medicamento foi dado a 2.022 pessoas com gravidade variada de Covid-19 e comparado com o tratamento convencional, oferecido a 2.094 participantes. A taxa de mortalidade foi de 29% no primeiro grupo e de 33% no segundo, uma redução de quatro pontos percentuais ou 12%, segundo artigo ainda não revisado por pares (*medRxiv*, 11 de fevereiro). Associado ao corticoide dexametasona, o primeiro medicamento de eficácia confirmada contra a doença, o tocilizumab diminuiu em um terço a mortalidade de pessoas que recebiam oxigênio por cânula ou máscara e em 50% a de pacientes intubados.

FOTOS 1 DENNY CESARE/CÓDIGO 19/FOLHAPRESS **2** AMIR LEVY/GETTY IMAGES **3** LÉO RAMOS CHAVES

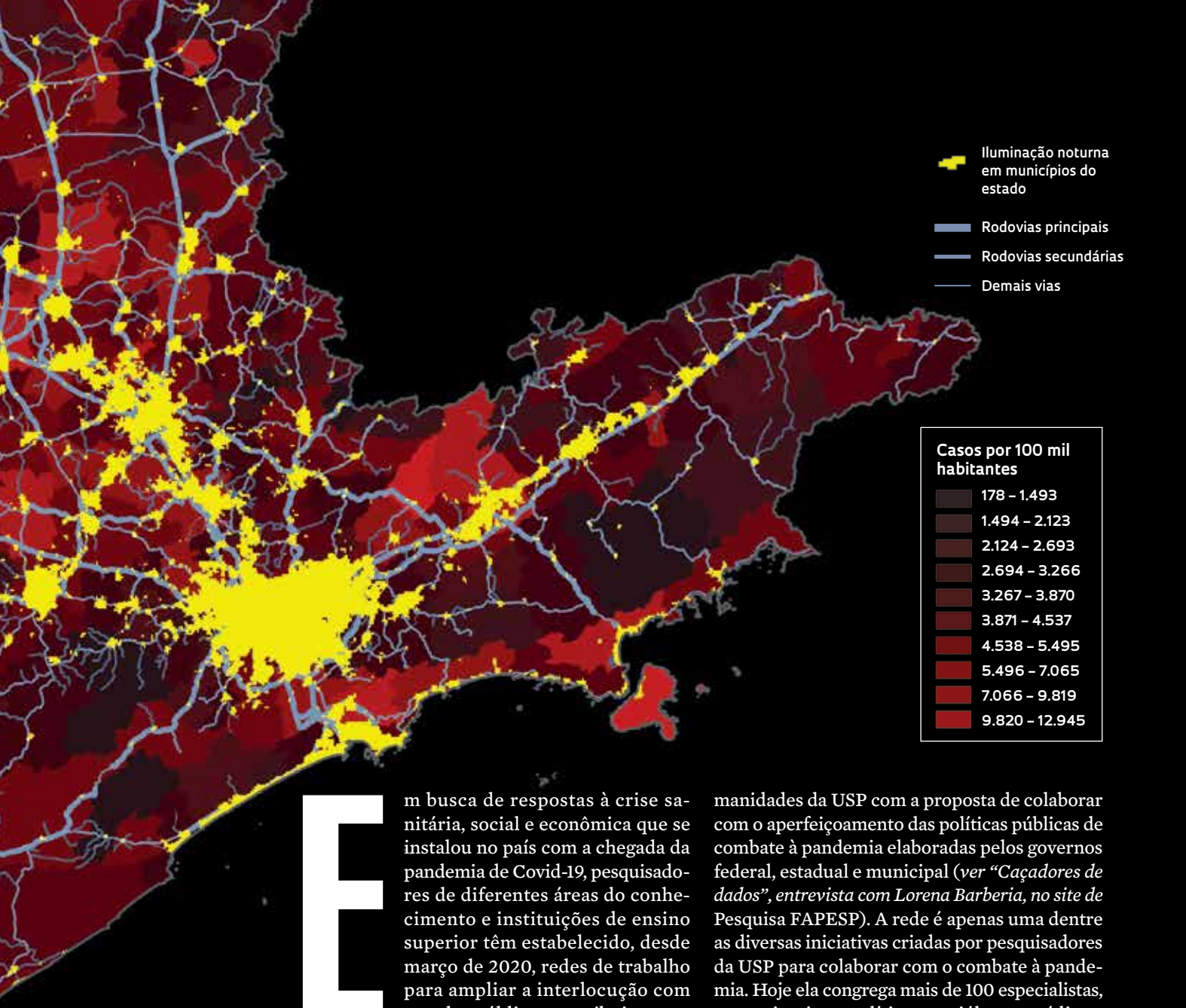


ESTRATÉGIA DE COMBATE

Pandemia mobiliza a criação de redes de pesquisa que procuram estreitar a interlocução com o poder público

Christina Queiroz

Mapa elaborado pelo cartógrafo Edmur Azevedo Pugliesi mostra a rede urbana e casos confirmados de Covid-19 no estado de São Paulo, em 10 de fevereiro de 2021. O desenho foi produzido a partir de imagens da Nasa com base em estudo que indica disseminação do vírus pelo interior paulista



MAPA EDMUR AZEVEDO PUGLIESI E RAUL BORGES GUIMARÃES (UNESP)

Em busca de respostas à crise sanitária, social e econômica que se instalou no país com a chegada da pandemia de Covid-19, pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento e instituições de ensino superior têm estabelecido, desde março de 2020, redes de trabalho para ampliar a interlocução com o poder público, contribuir na tomada de decisões e na formulação de políticas públicas. *Pesquisa FAPESP* mapeou ao menos 20 iniciativas nesse sentido, que envolvem desde análises do impacto do vírus Sars-CoV-2 entre populações vulneráveis até o desenvolvimento de metodologias que permitem rastrear e antecipar a dinâmica de disseminação de distintos vírus e que podem apoiar os gestores na elaboração de medidas de contenção.

"No último ano, observamos uma disseminação de grupos e associações que começaram a produzir análises e a buscar dados precisos sobre a pandemia, como forma de aumentar a transparência das informações fornecidas pelos governos", afirma o sociólogo Glauco Arbix, da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). Exemplo desse movimento é a Rede de Pesquisa Solidária, criada por pesquisadores da área de humanidades da USP com a proposta de colaborar com o aperfeiçoamento das políticas públicas de combate à pandemia elaboradas pelos governos federal, estadual e municipal (*ver "Caçadores de dados", entrevista com Lorena Barberia, no site de* Pesquisa FAPESP). A rede é apenas uma dentre as diversas iniciativas criadas por pesquisadores da USP para colaborar com o combate à pandemia. Hoje ela congrega mais de 100 especialistas, entre cientistas políticos, sociólogos, médicos, engenheiros, economistas e antropólogos. "Produzimos 26 notas técnicas, que foram divulgadas em boletins semanais distribuídos a mais de 10 mil pessoas", observa Arbix.

Além de influenciar o debate público, a rede abriu canais de diálogo com formuladores de políticas, com a realização de reuniões com integrantes dos poderes Executivo e Legislativo dos estados de São Paulo e do Rio Grande do Sul, e audiências com os governadores da Bahia e do Maranhão. "A Secretaria de Saúde de Mato Grosso do Sul solicitou análises sobre testagem à rede, que a ajudaram a planejar medidas de contenção para os municípios", informa. Além disso, o grupo organizou seminários internacionais – um deles contou com a presença dos secretários de governo de Buenos Aires, na Argentina, e de finanças de Bogotá, na Colômbia, e foi assistido virtualmente por mais de 3 mil pessoas.

Em relação ao acesso ao conhecimento produzido nas universidades, Victor Borges, presidente da Rede Nacional de Consórcios Públicos dos Municípios, que congrega cerca de 2,7 mil cidades de todo o país, explica que, desde março de 2020, a organização de seminários on-line envolvendo pesquisadores e gestores públicos constitui uma das principais ferramentas para apoiar as prefeituras na tomada de decisão de combate à pandemia. "O acesso a resultados de estudos qualificados permite melhorar a formulação de políticas públicas", sustenta.

Boa parte dos pesquisadores da Rede de Pesquisa Solidária trabalha de forma voluntária. Com o aporte de recursos de instituições como o Instituto Betty e Jacob Lafer, o Centro Brasileiro de Pesquisa e Planejamento (Cebrap), as fundações Ford e Tide Setúbal e várias empresas privadas, foram concedidas cerca de 20 bolsas a estudantes de iniciação científica e pós-graduação, que passaram a atuar no projeto. Este ano, por meio da oferta de um curso de pós-graduação sobre pandemias, que espera contar com a participação de mil alunos, e com recursos liberados pelas quatro pró-reitorias da USP, o grupo pretende se concentrar em análises sobre vacinação, educação e sustentabilidade, com debates previstos para acontecer na Câmara Municipal de São Paulo. Ao defender a prioridade dos trabalhadores da saúde na estratégia de vacinação, o primeiro boletim publicado neste ano identificou quem são e onde estão esses profissionais no país, por meio de análises de bancos de dados como o Sistema de Contas Nacionais e a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (Pnad Contínua), ambos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) e de informações de conselhos profissionais (*ver infográfico abaixo*).

Se por um lado a Rede de Pesquisa Solidária procura atuar de forma abrangente, com a expectativa de incidir na formulação de políticas em diferentes regiões do país, por outro, redes interdisciplinares de pesquisadores foram constituídas com o intuito de apoiar gestores públicos de regiões específicas. O médico Carlos Magno Castelo Branco Fortaleza, da Faculdade de Medicina da Universidade Estadual Paulista (FM-Unesp), *campus* de Botucatu, por exemplo, faz parte de um grupo multidisciplinar integrado por geógrafos da saúde, matemáticos, cientistas da computação e cartógrafos para estudar a pandemia e propor soluções para o interior paulista. No primeiro semestre de 2020 o grupo criou o Radar Covid-19, voltado para análise e mineração de dados e rumores, no Twitter, referentes à disseminação do novo coronavírus pelo interior paulista. "Durante o último ano, monitoramos citações sobre a Covid-19 na rede social, identificando possíveis casos antes que fossem oficialmente notificados nos sistemas de vigilância", explica Fortaleza. Depois o grupo relacionou esses relatos com dados oficiais e buscas realizadas no Google, para elaborar representações cartográficas indicando possíveis surtos e linhas de disseminação da doença no interior do estado. "Constatamos

Prioritários nas políticas de vacinação, profissionais da saúde recebem dose do imunizante no Hospital das Clínicas da USP, no início de janeiro

TRABALHADORES DA SAÚDE NO BRASIL

Quatro bases de dados foram utilizadas para quantificar o número de profissionais

5,6 milhões
de profissionais com vínculo formal em atividades de saúde pública e privada
Base: Sistema de Contas Nacionais (IBGE) / Rais, 2019

4,7 milhões
de profissionais com emprego principal ligado a serviços hospitalares, ambulatoriais e de diagnose ou envolvidos com atividades de saúde prestadas em âmbito domiciliar e integradas à assistência social
Base: PNAD Contínua / IBGE, 2019

4,4 milhões
de profissionais classificados conforme 10 profissões de saúde reguladas por conselhos profissionais e pessoas com registro em profissões da saúde, mas que não trabalham na área
Base: Conselhos profissionais, 2020/2021

3,2 milhões
de profissionais que exercem atividades de saúde em estabelecimentos de saúde
Base: CNES, 2021

FONTE REDE DE PESQUISA SOLIDÁRIA

FOTO MIGUEL SCHINCARIOL / GETTY IMAGES **INFOGRÁFICOS** ALEXANDRE AFFONSO

que quando a Covid-19 chegou à Grande São Paulo, transmitiu-se como um tsunami para a metrópole ampliada, incluindo Campinas e a Baixada Santista, em decorrência do movimento pendular que seus habitantes fazem entre as cidades da região", conta Fortaleza. O grupo identificou ainda que a doença se disseminou pelo interior paulista por meio de suas principais rodovias, atingindo primeiramente capitais regionais, como Ribeirão Preto, Araçatuba e Presidente Prudente, para depois chegar a municípios altamente conectados, seguidos dos pouco conectados e, por fim, nas áreas rurais. "Ao identificar a ordem de disseminação da doença, mostramos que sua propagação pelo estado aconteceu de acordo com a hierarquia de tamanho existente entre as cidades", detalha. "Os dados foram apresentados em reuniões entre nossa equipe e membros do governo estadual. As análises influenciaram a política de contenção elaborada para o interior paulista", informa Fortaleza, integrante da equipe que assessora o governo do estado de São Paulo na elaboração das diretrizes do Plano de Contingência, voltado ao combate da pandemia. Nesse sentido, ele menciona as estratégias adotadas pelo governo para restringir o controle da doença em cidades-polo, como forma de proteger os municípios menores.

Os resultados do estudo conduzido por Fortaleza e outros pesquisadores da Unesp foram apresentados para gestores municipais em um seminário organizado pela Rede Nacional de Consórcios Públicos dos Municípios, no primeiro semestre de 2020. "Ao mostrar as rotas de disseminação da Covid-19 por São Paulo, as análises indicaram que o esforço de combate à pandemia deve acontecer em rede, não bastando que apenas um município isolado tome medidas de precaução. Essa informação orientou os planos de contenção de diferentes cidades", destaca Borges, da Rede Nacional.

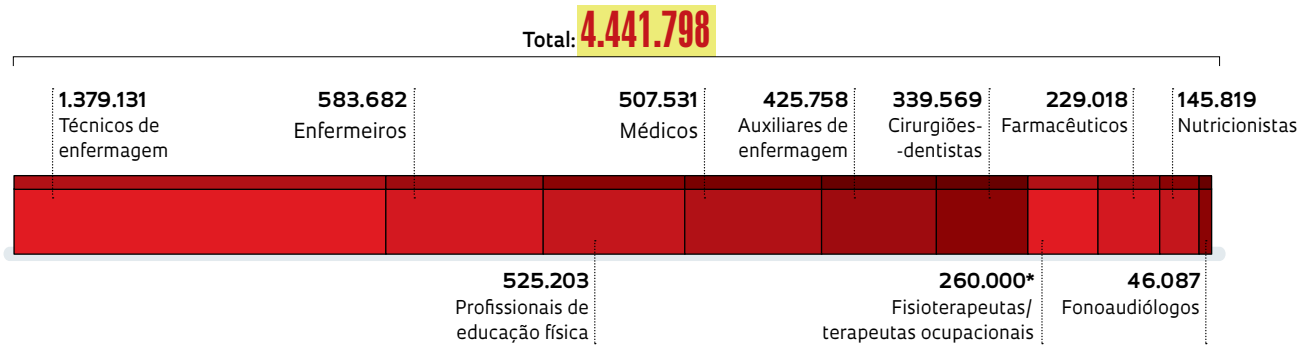
Da experiência pioneira desenvolvida na Unesp surgiu um projeto maior. "Por meio de técnicas de mineração de dados, agora pretendemos monitorar, em âmbito global, sinais precoces de situações pandêmicas. A ideia é identificar se grandes aumentos de citações da palavra febre, por exemplo, ou da busca por antitérmicos, em determinada região, são indícios do início de algum surto", explica Fortaleza. A iniciativa pretende fornecer dados para orientar ações globais de vigilância epidemiológica. "A identificação de possíveis surtos epidêmicos em regiões com grandes malhas aéreas, por exemplo, permite emitir alertas sobre o risco de a doença se disseminar rapidamente pelo mundo", observa o pesquisador.

A exemplo da Rede de Pesquisa Solidária, o projeto de pesquisadores da Unesp começou há um ano como iniciativa voluntária e, em 2021, passou a ser apoiado por instituições privadas como a empresa de alimentos JBS e a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp). "Com esses recursos, equipamos com computadores potentes, capazes de minerar dados do mundo todo, laboratórios gêmeos da Unesp em Botucatu e Presidente Prudente", conta Fortaleza.

Fernando Meller, gestor do programa social Fazer o Bem Faz Bem, da JBS, explica que a companhia doou R$ 50 milhões para financiar 39 pesquisas científicas em 15 estados, voltadas ao combate da Covid-19. "Montamos um comitê de profissionais do meio médico e científico para definir os critérios dos investimentos. Os projetos contemplados são ligados a universidades públicas, institutos de pesquisa ou entidades de saúde", comenta, ao afirmar que a pandemia tem mobilizado a união de acadêmicos, empresas e gestores públicos. "O mundo passa por uma crise sem precedentes e enfrentá-la requer o envolvimento de todos. Desde o início da pandemia, a JBS vem se dedicando a atender questões críticas nos países em que atua, buscando deixar um legado para as comunidades", afirma.

OS PROFISSIONAIS DA SAÚDE

Distribuição segundo 10 profissões regulamentadas



* NÚMERO APROXIMADO INFORMADO PELO SITE DO CONSELHO **FONTE** REDE DE PESQUISA SOLIDÁRIA

1

Mulher com cesta básica em Belo Horizonte (MG), entregue em ação organizada por uma empresa de crédito bancário: pandemia mobilizou envolvimento do setor privado na gestão da crise

Jorge Guimarães, diretor-presidente da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii), avalia que o Brasil não tem se preparado para enfrentar situações emergenciais. Para ele, na pandemia, essa falta de preparo se fez evidente, por exemplo, no setor de biofármacos. "No segmento de fármacos, 95% dos componentes de medicamentos fabricados localmente são importados. Ao mesmo tempo, o Brasil tem o sexto maior mercado consumidor de remédios do mundo", compara. "A pandemia escancarou um problema histórico, que é o afastamento das empresas do setor do desenvolvimento da pesquisa aplicada e da inovação", lamenta, ao apontar a incapacidade do país de produzir insumos para produção de vacina própria, a curto prazo, e destacando, por outro lado, sua competência científica, tecnológica e empresarial. Marcio de Miranda Santos, diretor-presidente do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), também considera que o diálogo entre a academia e o setor público enfrenta desafios, de forma que nem sempre o processo de tomada de decisão no âmbito da saúde pública se baseia nos achados da ciência. Por outro lado, ele enxerga o contexto de pandemia como um momento único para o fortalecimento do papel da ciência na sociedade. "Nunca vimos a produção científica em todo mundo se desenvolver tão rápido como agora", pondera.

O secretário de Estado de Políticas Públicas do Maranhão, Marcos Pacheco, explica que em março de 2020 uma das primeiras medidas do governo foi criar um comitê de assessoramento técnico, formado por cientistas. "Fomos a primeira capital do país a decretar lockdown, por sugestão do comitê", conta. Ele explica que a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (Fapema) lançou um edital e contratou 100 estudantes da área da saúde para atuar nas unidades de atendimento realizando a triagem dos pacientes com sintomas de Covid-19. "Esse processo de estratificação dos riscos de cada paciente, antes da internação, foi fundamental para evitar tumultos e superlotação nos hospitais", afirma. Outra medida tomada com base em orientações do comitê foi investir na criação de leitos em hospitais já existentes, em vez de criar hospitais de campanha. "Com isso, quando a pandemia arrefecer, esses leitos poderão ser utilizados para tratar outras doenças, ou mesmo pacientes com sequelas da Covid-19", diz.

Também com apoio da iniciativa privada, a antropóloga Denise Nacif Pimenta, do Instituto de Pesquisas René Rachou, da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) em Belo Horizonte, e Clare Wenham, da London School of Economics (LSE), na Inglaterra, participam da coordenação conjunta da rede Gender & Covid-19, grupo de pesquisa internacional voltado à análise de questões de gênero envolvendo a pandemia em contexto global. "O grupo foi formado por causa de uma demanda da Fundação Bill & Melinda Gates, abrangendo estudiosos de nove países, incluindo Inglaterra, Japão, Estados Unidos, Bangladesh, África do Sul, Brasil, entre outros", explica Pimenta. De acordo com ela, o tema despertou a atenção da fundação depois da publicação de um artigo, assinado por pesquisadores britânicos, canadenses e norte-americanos, em março de 2020 na revista científica *The Lancet*, mostrando que apesar de a mortalidade por Covid-19 ser mais alta entre os homens, os impactos econômicos, sociais e de saúde atingem de forma mais intensa as mulheres. Com base em resultados preliminares obtidos pela rede de pesquisadores, foi publicado, em fevereiro deste ano, um documento com recomendações sobre como considerar questões de gênero na formulação de políticas públicas de saúde.

Para Arbix, da USP, a falta de articulação entre o governo federal, estados e municípios na divulgação de informações e no desenvolvimento de estratégias de combate à pandemia mobilizou não apenas pesquisadores, como também o setor empresarial.

"No último ano, muitas empresas criaram ações de filantropia e passaram a apoiar a elaboração de pesquisas de benefício público, em um movimento inédito no país", destaca, citando como exemplo a doação de R$ 1 bilhão feita pelo Itaú para financiar as atividades do Todos pela Saúde, que conta com a participação de pesquisadores da USP e da Fiocruz.

Dedicada a sistematizar dados sobre a dinâmica de disseminação da doença, a Info Tracker é uma plataforma digital criada em abril de 2020 por cinco matemáticos e cientistas da computação da Unesp, USP e Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp), sendo três deles vinculados ao Centro de Ciências Matemáticas Aplicadas à Indústria (CeMEAI), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) na área de inteligência computacional apoiados pela FAPESP. A plataforma informa a taxa de espalhamento do vírus, seu número de reprodução e a velocidade de transmissão no estado de São Paulo e em cinco regiões do Brasil. "Desenvolvemos uma metodologia para fazer cálculos matemáticos mediante o uso de inteligência artificial, baseados em informações coletadas nas prefeituras", explica o matemático Wallace Correa de Oliveira Casaca, do *campus* Experimental de Rosana, da Unesp. Pesquisador do CeMEAI, Casaca explica que uma das missões do centro é colaborar com a resolução de problemas práticos. Sediado no *campus* da USP em São Carlos, o centro desenvolve trabalhos articulados com as demandas da prefeitura da cidade. A interlocução com gestores de outros municípios expandiu-se durante a pandemia. A equipe da plataforma tem sido procurada por gestores de Limeira, Franca e Presidente Prudente, também no interior paulista, em busca de apoio para interpretar dados e compreender melhor a situação epidemiológica.

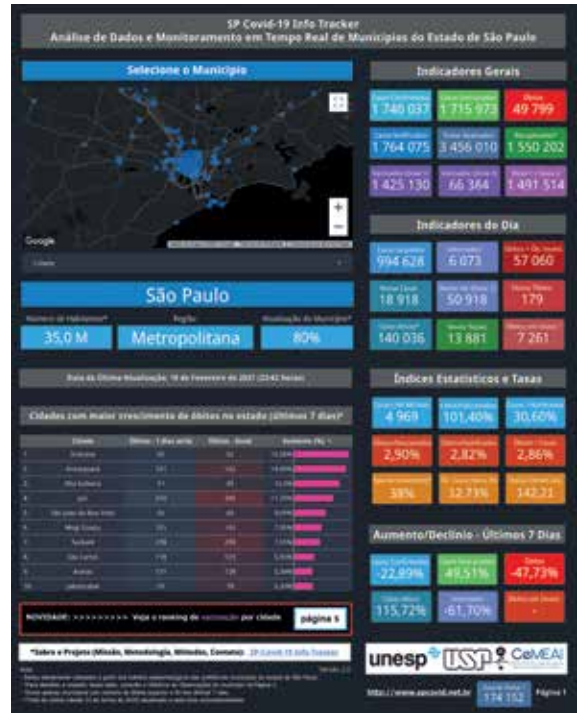
A sistematização de dados e a produção de análises para mensurar a intensidade de disseminação da pandemia no país também é o objetivo do Observatório Covid BR, que reúne 81 pesquisadores, entre médicos, biólogos, matemáticos, entre outros. Por meio de modelos matemáticos e a coleta de dados oficiais, o projeto desenha cenários de proliferação da doença, com a pretensão de colaborar com o planejamento de políticas públicas.

Em resposta a um chamado feito pela coordenação da Rede de Geógrafos da Saúde, que abarca pesquisadores de todo o Brasil, o geógrafo Rivaldo Mauro de Faria, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), por sua vez, desenvolveu projeto para mapear os locais do município gaúcho em condições precárias e, portanto, mais suscetíveis à proliferação do vírus. A ideia é propiciar à administração da cidade acesso a informações estratégicas, que permitam o combate à pandemia em um contexto de desigualdade social. "Em conjunto com infectologistas e epidemiologistas, passamos a monitorar, com o uso de softwares de geoprocessamento, a proliferação da Covid para estabelecer, em tempo real, a localização dos casos e mortes confirmados", conta Faria. Diferentemente dos projetos mencionados anteriormente, a iniciativa em Santa Maria está sendo desenvolvida em conjunto com a Secretaria da Saúde. Ou seja, os dados levantados embasam as ações da vigilância epidemiológica do município. No começo, o projeto trabalhava com a hipótese de que no Rio Grande do Sul a mortalidade seria mais alta, em comparação com o restante do país, pelo grande número de habitantes idosos. A projeção não se confirmou. "A mortalidade da Covid-19 está mais ligada a condições de vida da população, como a existência de doenças prévias e formas precárias de vida", afirma o geógrafo, que vê o trabalho em rede como fundamental para identificar as especificidades da pandemia no Rio Grande do Sul.

A abertura de editais e chamadas públicas também tem propiciado a criação de redes de trabalho. Formada a partir dos recursos de uma encomenda feita pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), a Rede Covid-19 Humanidades MCTI conta com mais de 90 pesquisadores, majoritariamente antropólogos e sociólogos, de 14 estados brasileiros, investigando os impactos sociais da pandemia em diferentes populações. Coordenador do projeto, o antropólogo Jean Segata, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), explica que, nesse momento, a equipe trabalha na coleta de dados para, em 2022, elaborar recomendações à formulação de políticas públicas em distintas regiões do Brasil, dirigidas a públicos específicos.

Entre as populações que fazem parte do escopo do estudo estão profissionais da saúde, idosos,

2



Plataforma digital Info Tracker, que sistematiza dados sobre a disseminação da doença, apoia gestores públicos do interior paulista no desenvolvimento de estratégias de contenção

FOTOS 1 PEDRO VILELA / GETTY IMAGES 2 REPRODUÇÃO

artistas, motoristas e entregadores de aplicativos e trabalhadores de frigoríficos. "A pandemia tem mostrado que políticas públicas voltadas à saúde em um país tão diverso e desigual como o Brasil precisam levar em consideração as especificidades locais", sustenta Segata. Como exemplo, menciona a recomendação de lavar as mãos e usar máscaras, que permitem combater a disseminação do vírus, mas são praticamente inviáveis para grupos que não têm acesso a saneamento ou dinheiro para adquirir sequer uma cesta básica. Outro exemplo é a política de distanciamento social e a recomendação de permanecer em casa que, apesar de configurar uma das mais eficazes ferramentas de combate à Covid-19, tampouco é válida para trabalhadores de serviços essenciais. "Nos primeiros seis meses da pandemia, quando o distanciamento social foi mais intenso, registramos cerca de 6 mil casos de pessoas contaminadas em frigoríficos, considerados serviço essencial", informa o antropólogo. Os casos representaram 33% das contaminações no Rio Grande do Sul, naquele período. "Detectamos que a indústria da carne foi responsável pela interiorização do vírus no estado, algo que com a adoção de políticas específicas para o setor de frigoríficos poderia ter sido evitado", argumenta.

Ao lembrar que a base do trabalho de antropólogos é desenvolver pesquisa de campo, Segata diz que, pela necessidade de distanciamento social, a equipe envolvida com o projeto está realizando essa parte do estudo por intermédio de plataformas de comunicação on-line. "Esse aspecto tem constituído um enorme desafio. As metodologias que estamos criando trarão novas perspectivas de atuação para estudos antropológicos, nos próximos anos", prevê.

Assim como ocorreu com a indústria da carne, o antropólogo conta que o projeto pretende mapear experiências de populações específicas com o vírus, de forma a colaborar com a elaboração de políticas públicas para populações vulneráveis. "O vírus sozinho não faz uma pandemia, que só se realiza a partir de condições materiais e práticas políticas que favorecem sua proliferação", observa. Fazem parte da rede, além de estudiosos da UFRGS, pesquisadores da Fiocruz, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade de Brasília (UnB), do Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí (Unidavi) e das universidades federais de Santa Catarina (UFSC) e Rio Grande do Norte (UFRN). "A investigação em rede viabiliza respostas mais rápidas e é fundamental para questões relacionadas à pandemia, que demanda ações multidisciplinares", afirma, contando que o projeto dispõe de R$ 2 milhões de financiamento, provenientes da encomenda do MCTI, e tem duração prevista até julho de 2022.

Outro projeto contemplado em um edital do ministério faz o mapeamento epidemiológico da Covid-19 a partir de análises da rede de esgoto, em Santo André, no ABC paulista. Coordenador da iniciativa, o biólogo Rodrigo Bueno, do Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do ABC (Cecs-UFABC), revela que estão sendo monitorados pontos na rede de esgoto, incluindo regiões de maior vulnerabilidade socioeconômica; áreas de classe média e alta; setores com maior concentração de hospitais de referência para tratamento da doença e zonas que apresentam precariedade habitacional. Previsto para durar até junho de 2022, o projeto pressupõe a criação de um Sistema de Alerta Precoce (SAP) tanto para a Covid-19 quanto para outros patógenos. "Dados recentes do estudo mostram que, na região do ABC, o número de infectados é duas a três vezes maior, se comparado com os valores notificados oficialmente pelo sistema de vigilância. A diferença pode ser explicada pelo fato de o mapeamento também captar os casos assintomáticos", destaca. Ele explica que o mapeamento é feito por meio de coletas semanais na rede de esgoto dos pontos estabelecidos, que incluem desde estações de tratamento de esgoto até estruturas localizadas em bairros específicos. "O

Populações vulneráveis: idosos, trabalhadores de frigoríficos e entregadores de aplicativos são acompanhados em pesquisa que pretende embasar a formulação de políticas públicas

1

2

4

Mapeamento epidemiológico da Covid-19 a partir de análises da rede de esgoto em Santo André (SP) permite identificar casos assintomáticos

FOTOS 1 E 3 LÉO RAMOS CHAVES 2 DIVULGAÇÃO / JBS 4 VITOR MAZUCO / WIKIMEDIA COMMONS

3

RNA do vírus da Covid-19 é eliminado nas fezes de indivíduos infectados, inclusive os assintomáticos", esclarece. Segundo Bueno, uma rede com pesquisadores de 12 instituições está sendo formada com o objetivo de realizar monitoramento permanente da rede de esgoto. "Pretendemos trabalhar de forma articulada com companhias de saneamento, secretarias e o Ministério da Saúde", prevê Bueno.

Como parte de um edital aberto pela universidade para financiar projetos de intervenção no cenário desencadeado pela pandemia, a socióloga e advogada Alessandra Teixeira, também do Cecs-UFABC, coordenou um estudo para mapear os serviços e órgãos voltados ao combate da violência contra a mulher, em municípios do ABC. "A rede de enfrentamento à violência de gênero é deficitária e heterogênea. As informações sobre a existência, em cada município, de Delegacias Especializadas de Atendimento à Mulher [Deam], casas de abrigo e centros de referência e juizados específicos são dispersas e difíceis de ser acessadas", comenta Teixeira. Como resultado da parceria envolvendo cinco pesquisadoras da universidade, estudantes de graduação, pós-graduação e organizações da sociedade civil, o projeto elaborou material didático com informações sobre todas as instituições que fazem parte dessa rede em cada um dos sete municípios do ABC. "Além de ajudar as mulheres a compreender o fluxo de atendimento, realizamos o diagnóstico das redes em cada cidade, identificando onde há problemas e propondo melhorias", explica a socióloga. Desde o final do ano passado, o material didático está disponível nas instituições que prestam esses serviços e nas sedes de organizações da sociedade civil.

Redes de pesquisadores também foram formadas para analisar políticas públicas de combate à pandemia. Coordenado pelas universidades Cornell e Harvard, nos Estados Unidos, um estudo está comparando as respostas governamentais de 16 países, entre eles do Brasil, relacionadas à saúde pública, economia e política durante a pandemia. Financiado pela National Science Foundation (NSF) e pelo Schmidt Futures, instituição privada norte-americana que busca aproximar cientistas da política pública, o projeto contou com a participação de Marko Monteiro e do pesquisador de pós-doutorado Alberto Urbinatti, do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IG-Unicamp). Com proposta similar, a Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas (Eaesp-FGV) realiza pesquisa para analisar o padrão de resposta de países e sistemas de saúde para controlar a Covid-19. No caso do Brasil, estão sendo analisados os planos de contingência adotados por estados e municípios e seus impactos nas estruturas de assistência à saúde.

Por fim, Borges, da Rede Nacional de Consórcios Públicos dos Municípios, aponta áreas que demandarão parcerias entre gestores públicos e a academia, entre elas os tratamentos para doenças que ficaram represados por conta da atual crise sanitária. "Será fundamental contar com estudos que ajudem os municípios a organizar o planejamento e o fluxo de tratamentos para essas enfermidades", informa. Outra área é a de educação. "A ausência de aulas presenciais afetou principalmente estudantes de regiões carentes, com pouco acesso à internet. Precisamos da academia para entender como compensar a aprendizagem deficitária desses alunos", conclui. ■

Projeto

CeMEAI – Centro de Ciências Matemáticas Aplicadas à Indústria (nº 13/07375-0); **Modalidade** Centro de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid); **Pesquisador responsável** José Alberto Cuminato (USP); **Investimento** R$ 40.636.964,70.

Artigo científico

WENHAM, C. *et al.* Covid-19: The gendered impacts of the outbreak. **The Lancet**. p. 846-8. mar. 2020.

Documento

ROSSER, E. N. *et al.* How to create a gender-responsive pandemic plan: Addressing the secondary effects of Covid-19. **Gender and Covid-19 Project**.

CORRIDA DE OBSTÁCULOS

Etapa do desenvolvimento da vacina intranasal do Laboratório de Imunologia do InCor, em São Paulo

Centros de pesquisa do país se dedicam ao desenvolvimento de uma vacina contra o novo coronavírus, mas enfrentam gargalos importantes

Domingos Zaparolli

A ciência brasileira está empenhada em produzir uma vacina própria para a Covid-19, mas os desafios para atingir esse objetivo são enormes – e não se limitam à obtenção de recursos para apoiar o desenvolvimento dos imunizantes. Há cerca de 15 projetos de vacinas em andamento no país, sendo que pelo menos quatro deles devem iniciar nos próximos meses a fase de testes clínicos, em humanos. Uma característica comum dessas iniciativas, que ainda carecem de financiamento e precisam vencer uma série de obstáculos de ordem técnica e de produção para se viabilizar, é propor soluções tecnológicas capazes de fazer frente às constantes mutações do vírus.

A iniciativa brasileira mais adiantada é coordenada pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP), a startup paulista de biotecnologia Farmacore e o laboratório norte-americano PDS Biotechnology. Em meados de fevereiro, eles solicitaram à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) autorização para o início do ensaio clínico da vacina Versamune-CoV-2FC. Avançam também outros três projetos, desenvolvidos pelo Instituto do Coração (InCor) da Faculdade de Medicina da USP (FM-USP), em São Paulo; pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), FMRP-USP e Instituto Butantan; e pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Todos 15 os projetos estão na chamada fase pré-clínica ou laboratorial, quando são realizados ensaios de compostos promissores em bancada ou em animais, uma etapa que não demanda altos investimentos ou infraestrutura complexa. O caminho a ser trilhado até que as candidatas se transformem em uma vacina adequada para ser aplicada na população é longo – e não necessariamente terá um final feliz, pois a maioria fica pelo caminho.

A realização de ensaios clínicos, essenciais para comprovar a segurança e a eficácia das vacinas, depende de resultados positivos nos testes pré-clínicos e de recursos ainda não disponíveis. Cientistas ouvidos por *Pesquisa FAPESP* calculam que seriam necessários investimentos da ordem de R$ 300 milhões a R$ 400 milhões por projeto. Desse total, R$ 30 milhões custeiam os ensaios clínicos nas fases 1 e 2, quando as formulações são analisadas em grupos limitados de pessoas. Para a fase 3, em que a vacina é administrada em milhares de voluntários, estima-se um custo entre R$ 300 milhões e R$ 350 milhões.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) solicitou um crédito extraordinário de R$ 400 milhões ao Ministério da Economia com essa finalidade. "É notório o empenho do MCTI em conseguir a verba, mas até agora não temos recursos assegurados", afirma o imunologista Ricardo Tostes Gazzinelli, coordenador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Vacinas (INCTV) e do Centro de Tecnologia de Vacinas da UFMG. Se confirmada a liberação dos recursos federais, o dinheiro seria suficiente para realizar os ensaios clínicos nas fases 1 e 2 de dois ou três projetos e os ensaios clínicos na fase 3 de apenas uma iniciativa.

A maioria das plataformas de vacinas brasileiras contra Covid-19 conta com apoio do MCTI. A reportagem procurou o órgão para saber a relação de projetos apoiados, o valor dos investimentos feitos até o momento e se há previsão de liberação dos R$ 400 milhões adicionais para o programa, mas não obteve resposta até o fechamento desta edição.

A indefinição sobre financiamento é apenas um dos obstáculos para o desenvolvimento de uma vacina brasileira. Há outros tão ou mais importantes como a falta de centros tecnológicos especializados em imunobiológicos e unidades fabris que transformem as pesquisas em produtos finais, assim como o limitado know-how do país para produzir um imunizante completo, do estudo inicial em laboratório à fabricação em larga escala. A cadeia produtiva de medicamentos e vacinas no Brasil é falha, com pequeno número de empresas farmacoquímicas, essenciais para a produção do ingrediente farmacêutico ativo (IFA) – o principal insumo das vacinas –, e de laboratórios especializados para a realização de testes em animais (*ver reportagem na página 28*).

"Temos infraestrutura muito limitada para a produção de lotes-piloto em condição de boas práticas de fabricação,

LÉO RAMOS CHAVES

assim como para fazer testes pré-clínicos de segurança e para gerar bancos de sementes de células para produção industrial. Tudo isso é feito no exterior e não fica por menos de R$ 10 milhões por imunizante", ressalta Gazzinelli. "Outro gargalo, a meu ver, diz respeito ao interesse de empresas farmacêuticas em projetos avançados de vacinas humanas. A fase 3 dos ensaios clínicos é muito cara e nossa indústria de imunizantes humanos é toda subsidiada pelo governo federal. Ela não tem recursos para investir nesse tipo de projeto, que pode ser muito rentável se for bem-sucedido, mas oferece um risco significativo de insucesso."

Para avançar no desenvolvimento e iniciar os ensaios clínicos das fases 1 e 2, alguns projetos tentam obter recursos privados. É a estratégia adotada pelo Laboratório de Engenharia de Cultivos Celulares (Lecc) do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia (Coppe) da UFRJ, que conseguiu R$ 2 milhões do programa Fast Grants, um fundo de doadores criado nos Estados Unidos para financiar projetos de pesquisa voltados ao combate da Covid-19 no mundo. O Lecc busca parcerias com farmacêuticas brasileiras para a conclusão do desenvolvimento e a produção industrial.

O projeto fluminense usa a plataforma de vacina recombinante, em que o ingrediente ativo do imunizante é uma proteína obtida por técnicas de engenharia genética. A engenheira bioquímica Leda Castilho, coordenadora da iniciativa, relata que o Lecc já produz em escala-piloto a proteína S (*spike*) do Sars-CoV-2, cultivando células de mamíferos em biorreatores. A formulação final da vacina, em estágio de protótipo, contém a proteína recombinante associada a uma substância adjuvante para desencadear a resposta imunológica no organismo.

"O vacinado recebe a proteína igual à que está no vírus para estimular seu sistema imune e produzir anticorpos. Damos ao organismo a proteína pronta, enquanto as vacinas baseadas em mRNA [ácido ribonucleico mensageiro] ou em vetores virais procuram fazer com que o corpo passe a produzir a proteína S de forma a estimular o sistema imune", explica.

Consideradas seguras, as vacinas recombinantes já são empregadas no combate à hepatite B, à gripe e ao HPV, o papilomavírus humano. No cronograma considerado ideal pelo Lecc, os testes pré-clínicos em animais serão concluídos ainda neste primeiro semestre. Caso sejam bem-sucedidos, os ensaios em humanos podem ser iniciados em seguida, havendo os recursos necessários para essa fase. Tudo dando certo, a vacina estaria apta para entrar em produção industrial em meados de 2022. "No Brasil existem fábricas que já produzem proteínas recombinantes. Elas poderiam ser adaptadas para a fabricação da vacina anti-Covid-19, sem necessidade de grandes investimentos em novas unidades industriais dedicadas", avalia a cientista da Coppe.

Esse é um ponto importante para a viabilidade da produção nacional. Imunologistas como Gazzinelli destacam duas incertezas que permeiam o enfrentamento à Covid-19. A primeira é que não foram ainda reunidas informações suficientes sobre o ciclo de evolução do novo coronavírus, principalmente no que toca à sua capacidade de sofrer mutações e como elas afetam sua letalidade e transmissibilidade. A segunda é que não se sabe quanto tempo irá durar o efeito protetor das vacinas. A projeção dominante é que o vírus apresentará mutações constantes e conviverá na sociedade por muito tempo. Sendo assim, poderá demandar uma vacinação anual.

Outra possibilidade é o vírus não confirmar uma vocação de resiliência e a doença acabar eliminada mais rapidamente. Diante de um futuro incerto, é mais difícil motivar investimentos vultosos em uma nova fábrica de imunizantes que só entraria em operação em 2022, em um cenário otimista. Uma vacina que aproveite o parque fabril existente, como é o caso das plataformas recombinantes, poderia ajudar a solucionar essa equação. A empresa detentora do know-how poderia reestruturar sua produção, abrir novos turnos de trabalho, à noite ou nos fins de semana, e contratar pessoal para se dedicar à produção de vacinas para Covid-19.

Em Ribeirão Preto, no interior paulista, os coordenadores do projeto da FMRP-USP, da Farmacore e do PDS Biotechnology têm a expectativa de iniciar os estudos em humanos em maio. "O lote para os testes clínicos de fase 1 e 2 já está sendo produzido", informa o imunologista Celio Lopes Silva, do Departamento de Bioquímica e Imunologia da FMRP-USP.

A vacina também adota a plataforma recombinante. Emprega a proteína S1 do Sars-CoV-2 combinada com o carreador e imunomodulador Versamune, desenvolvido pelo laboratório PDS. A substância ativa linfócitos B e T, que têm funções imunológicas importantes nas infecções virais, e a imunidade inata. "É uma so-

1

2

Pesquisador trabalha na produção da proteína S usada na vacina recombinante da UFRJ (*à esq.*). Ao lado, cultura de células no laboratório da Farmacore, parceira da FMRP-USP

lução inovadora, que induz a geração de anticorpos neutralizantes e, ao mesmo tempo, confere potência à resposta imunológica, ativando todo o sistema de defesa celular, inclusive a produção de interferon do tipo I [IFN-I]", destaca Silva. Interferons são glicoproteínas que atuam na proteção antiviral. O pesquisador tem a expectativa de que essa combinação – a geração de anticorpos contra a proteína S e ativação de linfócitos B e T e imunidade inata – ofereça uma imunização capaz de enfrentar as mutações do vírus.

A iniciativa recebeu uma subvenção do MCTI de R$ 3,8 milhões para a fase pré-clínica, e os desenvolvedores esperam incluir a vacina entre as contempladas com recursos para os ensaios clínicos, caso estes sejam viabilizados pelo ministério. O pesquisador informa que há uma negociação avançada para a transferência de tecnologia a uma empresa instalada no Brasil.

Outra iniciativa próxima do estágio de ensaios clínicos é desenvolvida pelo Laboratório de Imunologia do InCor. Segundo o imunologista Jorge Kalil, coordenador da pesquisa, a fase atual é de definição do protótipo vacinal por meio de testes em camundongos. Estão em análise dois vetores para o antígeno. Um envolve colocar uma proteína artificial com alvos para resposta de linfócitos B e T sintetizada em laboratório em nanopartículas condutoras; o outro utiliza a plataforma VLP (partículas semelhantes a vírus). Nesse caso, são usadas partes do vírus importantes para desencadear a resposta do sistema imunológico, mas sem o material genético.

A proposta é que a vacina seja aplicada via nasal ou oral, borrifada por meio de aerossóis. "Pretendemos fortalecer o sistema imunológico da mucosa do sistema respiratório, região onde ocorre o contágio", ressalta Kalil. A expectativa do imunologista é que as provas de conceito com os animais sejam concluídas até junho. Se os resultados forem favoráveis, o início dos testes em humanos poderá ocorrer na segunda metade do ano. O projeto recebeu R$ 10,5 milhões do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e um financiamento de R$ 328 mil da FAPESP. As duas agências investiram, ainda, mais de R$ 7 milhões no Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Investigação em Imunologia (INCT-Iii), coordenado por Kalil, que tem como uma de suas metas desenvolver novos imunizantes. Do total investido pela FAPESP, pouco mais de R$ 1 milhão já foi desembolsado, e o restante deve ser liberado até o final do projeto, previsto para 2023.

Formulação do InCor é testada em camundongo durante ensaio da fase pré-clínica

3

O Centro de Tecnologia de Vacinas da UFMG trabalha simultaneamente em duas plataformas, desenvolvidas no âmbito do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Vacinas (INCTV) e que receberam R$ 3,7 milhões do MCTI. Uma das propostas, em conjunto com a Fiocruz e a FMRP-USP, é uma vacina recombinante que emprega as proteínas S e N, do nucleocapsídeo viral, do Sars-CoV-2. "A proteína S é expressa na superfície viral e alvo de anticorpos, e a proteína N é expressa em maior quantidade nas células infectadas e importante alvo para os linfócitos T", diz Gazzinelli. Os genes que codificam segmentos das duas proteínas foram fusionados gerando uma proteína recombinante quimera, que é injetada combinada com adjuvantes.

A segunda plataforma, em parceria com a Fiocruz e o Instituto Butantan, tem apoio da FAPESP. É a vacina recombinante Flu-CoV, que utiliza o vírus H1N1, de influenza, geneticamente modificado. O antígeno é produzido com a combinação das proteínas S do novo coronavírus e hemaglutinina do influenza sazonal. "A hemaglutinina induz o vírus a entrar na célula e a neuraminidase [enzima usada na formulação] é importante para a saída dele da célula. Removemos o gene que codifica a neuraminidase e, no lugar dele, inserimos outro que codifica o segmento da proteína S. O vírus entra, expressa suas proteínas, porém não sai da célula hospedeira. Com isso, induz a resposta imunológica, sem replicar", explica Gazzinelli. A ideia é aplicar a vacina por meio de aerossol. Uma vantagem é que ela poderia permitir um uso híbrido, de combate à Covid-19 e à influenza.

Os testes de imunogenicidade das duas vacinas, em fase final de prova de conceito, indicaram forte resposta celular e humoral contra as proteínas do Sars-CoV-2. Tudo correndo bem, os ensaios clínicos começarão até maio. A expectativa é ter um imunizante pronto em 2022. "Essa é uma pandemia que não vai embora tão cedo. É importante ter à disposição tecnologia nacional capaz de responder rapidamente às mutações do vírus ocorridas no Brasil e no mundo", diz Gazzinelli. ■

Projetos

1. Mapeamento de epítopos do vírus Sars-CoV-2 para linfócitos T e de receptor da proteína *spike* para linfócitos B (nº 20/05256-7); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Regular; **Pesquisador responsável** Jorge Elias Kalil Filho (USP); **Investimento** R$ 328.435,51.

2. Vacina intranasal bivalente utilizando vírus influenza expressando a proteína S (*spike*) do Sars-CoV-2: Mecanismos de proteção e lesão pulmonar (nº 20/05527-0); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Regular; **Pesquisador responsável** Ricardo Tostes Gazzinelli; **Investimento** R$ 182.189,86.

3. INCT 2014: Investigação em imunologia (nº 14/50890-5); **Modalidade** Projeto Temático; **Acordo** CNPq-INCT; **Pesquisador responsável** Jorge Elias Kalil Filho (USP); **Investimento** R$ 3.996.152,01.

FOTOS 1 COPPE-UFRJ **2** FARMACORE-FMRP-USP **3** LÉO RAMOS CHAVES

EMERGENTES SEM FÔLEGO

Escassez de investimentos públicos e privados intensifica dependência de Brasil e África do Sul por imunizantes de outros países, na contramão dos demais membros do Brics

Rodrigo de Oliveira Andrade

A Índia aprovou em janeiro o uso emergencial da Covaxin, vacina contra a Covid-19 produzida pela empresa Bharat Biotech, em colaboração com o Instituto Nacional de Virologia e o Conselho Indiano de Pesquisa Médica. O anúncio se deu em um momento crucial: com pouco mais de 1,3 bilhão de habitantes, o país contabiliza mais de 10 milhões de casos da doença e 155 mil mortes. As autoridades indianas também deram sinal verde para o uso emergencial da Covishield, desenvolvida pela Universidade de Oxford, no Reino Unido, em parceria com a farmacêutica sueco-britânica AstraZeneca. A Índia, dessa forma, entrou para o rol de nações emergentes que desenvolveram seus próprios imunizantes contra o novo coronavírus, ao lado de China e Rússia. Os três fazem parte do bloco do Brics, integrado também pelo Brasil e pela África do Sul, que ainda não avançaram em uma vacina nacional.

Estima-se que a Bharat tenha investido US$ 70 milhões na Covaxin, mas o sucesso indiano vai além; reflete também uma política de investimento em ciência, tecnologia e inovação (CT&I) levada a cabo nas últimas duas décadas. O país triplicou seus aportes em pesquisa e desenvolvimento (P&D) no período, tornando-se uma das 10 nações que mais investem nesse setor. Foram pouco mais de US$ 5,5 bilhões em 2008; em 2018, esse valor subiu para quase US$ 16 bilhões, dos quais 36,8% financiados pelo setor privado. O resultado foi um aumento do número de pesquisadores por milhão de habitantes, de publicações científicas em periódicos indexados nas bases de dados Scopus e Web of Science e de pedidos de patentes no Escritório de Patentes dos Estados Unidos (Uspto).

Em fevereiro deste ano, o governo indiano deu um passo além. Em meio à crise, comprometeu-se a financiar quatro novos institutos de virologia e outros nove laboratórios para estudos de patógenos infecciosos, além de criar uma instituição nacional para coordenar pesquisas com foco na vigilância de doenças infecciosas. As medidas se somam ao aumento de 27% do orçamento do Departamento de Pesquisa em Saúde, que, em 2021, contará com US$ 365 milhões, e à destinação de US$ 7 bilhões à National Research Foundation, principal agência de fomento à pesquisa da Índia, nos próximos cinco anos. "A pandemia mostrou a importância de investir regularmente em P&D e de nos esforçarmos para ser autossuficientes", disse ao jornal *The Indian Express* o vice-presidente indiano, M. Venkaiah Naidu.

A China é outro país que há décadas financia a ciência de modo consistente, sobretudo na área de biotecnologia. Construiu laboratórios de segurança máxima, atualizou equipamentos e máquinas usadas por pesquisadores, e criou mecanismos para repatriar cientistas atuando no exterior. Desde 2013 o governo também se movimenta para fazer da Academia Chinesa de Ciências (CAS) uma instituição de referência internacional, além de investir em seu plano industrial "Made in China 2025", cujo propósito é fazer do país um líder mundial em uma série de indústrias de alta tecnologia.

Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a China alocou US$ 280 bilhões em P&D em 2017, o equivalente a 2,12% de seu Produto Interno Bruto (PIB). Em 2019, os gastos do país em CT&I, que inclui P&D e outras atividades científicas e técnicas correlatas, aumentaram 12,5% em relação ao ano anterior, para US$ 322 bilhões – 2,23% de seu PIB, segundo o Escritório Nacional de Estatísticas da China. Os aportes em pesquisa básica representaram 6% do total investido; em pesquisa aplicada, 11,3%; e em desenvolvimento, 82,7%. Não por acaso, o país é o segundo em pedidos de patentes internacionais: 53.981, em 2018, atrás apenas dos Estados Unidos, com 55.981.

Esse esforço rendeu frutos na pandemia. O país conta com 13 vacinas em fase de testes em seres humanos, muitas delas fruto de parcerias entre os setores público e privado. Cinco estão ou já concluíram os ensaios clínicos de fase 3, a última etapa antes da submissão do pedido de autorização de uso à autoridade regulatória. Duas foram desenvolvidas pela estatal Sinopharm. Uma terceira, pela farmacêutica CanSino, em Tianjin, em parceria com o exército chinês. A Sinovac Biotech, sediada em Pequim, desenvolveu a quarta, a CoronaVac, aprovada no início do ano no Brasil, ao passo que a quinta emergiu de uma colaboração entre a empresa Anhui Zhifei Longcom Biologic Pharmacy e o Instituto de Microbiologia da CAS.

Mesmo com os aportes em CT&I há décadas estagnados em 1% do PIB, a Rússia também obteve seu imunizante contra o novo coronavírus. Em fevereiro, cientistas do Instituto Gamaleya anunciaram na revista *The Lancet* que a Sputnik V apresentou 91,6% de eficácia global contra a Covid-19, embora os dados públicos sobre a vacina ainda sejam limitados. A Sputnik V foi financiada pelo Fundo de Investimento Direto da Rússia e desenvolvida no Gamaleya, em Moscou.

Apesar de sua alta eficácia, poucos se arriscam a afirmar que o imunizante representa uma espécie de renascimento da ciência russa. É certo, porém, que a vacina vem na esteira de um plano nacional de valorização e reestruturação da CT&I por lá. Em 2014, o governo criou a Fundação Russa de Apoio à Pesquisa, com orçamento de US$ 294 milhões em 2020. Mais recentemente, anunciou uma estratégia nacional que se estende até 2024 e prevê mais dinheiro para CT&I, apoio extra para cientistas em início de carreira e cerca de 900 novos laboratórios, incluindo 15 centros de pesquisa de classe mundial.

ILUSTRAÇÕES ZÉ VICENTE

A situação é diferente no Brasil, onde todas as candidatas a vacinas ainda estão em fase de estudos pré-clínicos (*ver reportagem na pág. 24*). "O governo brasileiro parece ter se dado conta dos riscos associados à situação de dependência de vacinas estrangeiras e, nos últimos meses, passou a dar mais atenção para os projetos de imunizantes brasileiros", comenta o biólogo Luís Carlos de Souza Ferreira, diretor do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP). Segundo ele, porém, o Brasil deveria ter iniciado os esforços para obter um imunizante no início da pandemia. "Dificilmente teremos uma candidata em fase de testes em humanos em 2021. O mais provável é que aconteça a partir de 2022, isso se o governo conseguir os recursos e as candidatas se mostrarem promissoras."

Há anos o Brasil lida com a instabilidade no financiamento de sua estrutura de CT&I. Desde 2013 o dispêndio nacional em P&D vem diminuindo em valores absolutos. Em 2017, chegou a R$ 41,2 bilhões (o equivalente a US$ 7,8 bilhões), o menor patamar desde 2012, segundo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). O próprio MCTI teve em 2020 o menor orçamento em mais de uma década – excluindo salários e despesas obrigatórias, sobraram R$ 3,7 bilhões para investimentos, 30% a menos que em 2019. Para 2021, o Projeto de Lei Orçamentária Anual (PLOA), em discussão no Congresso Nacional, prevê R$ 2,8 bilhões para investimentos para o MCTI, 34% a menos que em 2020.

As dificuldades financeiras são apenas parte dos gargalos enfrentados pelo Brasil nessa seara. O problema também esbarra na falta de articulação entre a academia e a indústria, e de estímulo à inovação. As multinacionais fabricantes de vacinas não têm interesse em se instalar no país e as poucas empresas privadas desse tipo por aqui não se sentem compelidas a inovar nessa área. "O Brasil não conseguiu formar uma indústria competitiva e interessada em investir em candidatas nacionais", afirma o farmacologista João Batista Calixto, professor aposentado da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Mesmo o desenvolvimento e a produção de medicamentos no Brasil esbarram na escassez de empresas farmoquímicas, fundamentais para a produção de Insumos Farmacêuticos Ativos (IFAs). O físico Ronaldo Mota, ex-secretário nacional de CT&I, explica que nos anos 1980 o Brasil chegou a produzir 55% de sua demanda para a fabricação local de medicamentos. Hoje, esse número é de 5%. A contração coincide com a abertura da economia brasileira nos anos 1990. "A redução das tarifas aduaneiras barateou o preço, no Brasil, dos produtos importados, inviabilizando os negócios das empresas nacionais, que não conseguiram competir e faliram", diz. Essa política, ele explica, levou o Brasil a depender cada vez mais de insumos estrangeiros. A indústria farmacêutica também foi prejudicada, mas conseguiu se reerguer com a lei dos genéricos. Ainda assim, seus gastos com P&D (2,6% de seu faturamento) seguem aquém da média internacional, entre 10% e 15%. "Elas não investem mais porque estão em uma zona de conforto interessante, na qual lucram muito e enfrentam pouca competição interna", diz Calixto.

A realidade da África do Sul é ainda mais delicada. O país sequer dispõe de infraestrutura apropriada para a fabricação em larga escala de imunizantes adquiridos do exterior, como outros países de renda média. O Instituto Biovac, parceria público-privada entre o governo local e um consórcio de empresas sul-africanas de saúde, só agora começa a investir em fábricas de vacinas, enquanto a Aspen Pharmaceuticals, produtora de medicamentos genéricos e suplementos nutricionais, corre para adaptar suas instalações para produzir o imunizante da Johnson & Johnson a partir de abril de 2021.

Como o Brasil, a África do Sul está às voltas com cortes relacionados ao desaquecimento da economia. Em junho de 2020, o governo anunciou uma redução de 20% nas despesas de todos os órgãos e departamentos federais no orçamento 2020-2021. No mês seguinte, o ministro do Ensino Superior, Ciência e Inovação, Blade Nzimande, conseguiu reduzir o corte para 8% (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 294*).

As dificuldades para obter um imunizante nos dois países se apresentam nos primeiros estágios de desenvolvimento. Tudo caminha bem nas fases de teste *in vitro* dentro das universidades, as menos custosas do processo. As barreiras aparecem quando a pesquisa avança para os testes em animais. Essa etapa é feita em laboratórios com pessoal especializado em manejo e experimentação animal, e instalações de elevado grau de exigência, sobretudo em biossegurança e bioética. Ela também demanda a produção de lotes do imunizante em escala-piloto. O objetivo é avaliar como o composto é metabolizado pelo organismo animal e se é seguro e eficaz para ser aplicado em humanos. "Poucas instituições contam com esse tipo de infraestrutura no Brasil", destaca a especialista em vacinologia Luciana Cezar de Cerqueira Leite, do Instituto Butantan. "Recorremos muitas vezes a centros no exterior, que produzem as doses e as testam em animais, mas a altos custos."

A escassez de centros privados no Brasil se deve à baixa demanda por testes pré-clínicos em animais. "É custoso abrir e manter laboratórios assim. Como a demanda por esse serviço é baixa no país, o investimento se torna muito arriscado", comenta Cerqueira Leite. O Centro de Inovação e Ensaios

Pré-clínicos (CIEnP), coordenado por João Calixto, em Santa Catarina, é o único centro privado desse tipo no país, mas não possui o nível de biossegurança para ensaios com vírus ou vacinas vivas.

A história do CIEnP ilustra bem um dos principais problemas do país em relação ao desenvolvimento de novos medicamentos e vacinas: a falta de previsibilidade de recursos governamentais para projetos estratégicos. O centro nasceu para atender a uma demanda específica em fins dos anos 2000. "O governo investiu muito dinheiro na indústria farmacêutica por meio do BNDES [Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social] e da Finep [Financiadora de Estudos e Projetos], o que gerou uma alta procura por testes pré-clínicos em animais", relembra Calixto. Ele conta que, com isso, foi convidado a criar um centro que realizasse esses testes no Brasil, com apoio do Ministério da Saúde e do MCTI. "O desafio maior foi encontrar mão de obra qualificada para atuar em instalações com regras de boas práticas laboratoriais", diz. "Foi preciso contratar consultores internacionais e enviar os profissionais para estágios de aperfeiçoamento no exterior."

O CIEnP foi inaugurado em 2014. No entanto, as crises econômicas e as trocas no governo levaram a uma mudança de política. Os recursos escassearam e a demanda por esses testes diminuiu drasticamente. "O centro hoje está quase ocioso", afirma. "Falta uma política de Estado de longo prazo que estimule o estabelecimento de toda a cadeia de desenvolvimento de fármacos e vacinas, e não apenas parte dela."

O país também tem experiência restrita em ensaios clínicos de fase 1 e 2 em pequenos grupos de seres humanos. Esses testes demandam alto grau de investimento e costumam ser coordenados por grandes empresas farmacêuticas sediadas nos países em que a tecnologia foi desenvolvida. "Trata-se de uma questão estratégica", explica Ferreira. "São esses testes que determinarão a quantidade de doses e os parâmetros de segurança relacionados à eficácia do imunizante. Nenhuma empresa compartilhará tais dados sem antes testá-los e patenteá-los, algo que os brasileiros também fazem pouco."

Para Alexander Precioso, diretor do Centro de Farmacovigilância, Segurança Clínica e Gestão de Risco do Instituto Butantan, ainda assim, é importante que os brasileiros se engajem em estudos de imunizantes nacionais para que dominem seu desenvolvimento e os adaptem, se necessário, a outras variantes do Sars-CoV-2. "É fundamental que os cientistas à frente de estudos de candidatas nacionais reavaliem suas estratégias à medida que novos dados sobre novas variantes são publicados", destaca. ■

O ESPERADO EFEITO DAS VACINAS

Aplicação em massa de imunizantes permitirá saber se, além de proteger contra a doença, eles também serão capazes de evitar a infecção pelo Sars-CoV-2

Yuri Vasconcelos

A vacinação contra Covid-19, doença causada pelo novo coronavírus, avança no mundo, aproximando-nos da superação da atual crise sanitária. O progresso da imunização permitirá conhecer melhor a ação das vacinas aprovadas. Entre outras coisas, ficará claro se serão capazes de proteger contra a doença e, também, de impedir a infecção pelo Sars-CoV-2. Estudos clínicos sobre as formulações em uso revelam que elas são eficazes na prevenção da enfermidade, reduzindo os sintomas e evitando quadros graves, mas não se sabe ainda se também conseguem impedir que o vírus invada as células humanas e inicie o processo de replicação. Vacinas que evitam tanto a doença quanto a infecção induzem o que os médicos chamam de imunidade esterilizante.

Há uma diferença sutil, mas importante, entre barrar a infecção e, consequentemente, a doença, e proteger somente contra a enfermidade. As vacinas que previnem contra o aparecimento da Covid-19 não impedem necessariamente que as pessoas imunizadas continuem a se contaminar e a transmitir o novo coronavírus, mesmo que não apresentem sintomas e estejam se sentindo bem. Já as formulações que bloqueiam totalmente a infecção, proporcionando a imunidade esterilizante, aniquilam o vírus, interrompendo a cadeia de contágio.

A virologista britânica Sarah Caddy, pesquisadora clínica do Cambridge Institute for Therapeutic Immunology and Infectious Disease (Citiid) da Universidade de Cambridge, no Reino Unido, afirma que o ideal seria que todas as vacinas impedissem a infecção pelo patógeno, mas, na prática, não é o que acontece. A maioria dos imunizantes existentes confere proteção contra o surgimento da doença. É o que ocorre, por exemplo, com as formulações contra influenza, hepatite, sarampo, tuberculose e rotavírus.

"Mesmo sem bloquear a infecção", afirmou Caddy a *Pesquisa FAPESP*, "é possível cortar a transmissão e interromper a pandemia de Covid-19". Isso porque uma pessoa vacinada, se for infectada pelo novo coronavírus, terá uma carga viral mais baixa do que alguém que não foi imunizado, ficou doente e apresentou sintomas – os infectados assintomáticos, indicam os estudos, também têm baixa carga viral. Dessa forma, explica a especialista, os inoculantes ajudam a reduzir a taxa de circulação do vírus. "Mesmo sem induzir a imunidade esterilizante, a vacina pode controlar a doença na população."

Para a infectologista Raquel Stucchi, da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas (FCM-Unicamp), as vacinas existentes contra a Covid-19 podem fazer com que se atinja a imunidade coletiva, situação em que a disseminação do vírus é contida por haver pouca gente suscetível a contraí-lo. "É possível conseguir a imunidade coletiva contra o novo coronavírus mesmo sem ter o controle total de sua transmissão. O que precisamos, nesse caso, é vacinar um contingente maior da população", diz Stucchi. "Claro que ajudaria muito se contássemos com uma vacina que também impedisse a transmissão, mas ela não é indispensável. Temos hoje no nosso portfólio vários imunizantes que, mesmo não sendo esterilizantes, conseguem controlar a doença para a qual foram desenvolvidos."

ANTICORPOS NEUTRALIZANTES

A dificuldade em formular vacinas com potencial esterilizante reside no fato de que elas precisam estimular nosso sistema imune a produzir grandes quantidades de um tipo específico de anticorpo, conhecido como neutralizante. Esses anticorpos têm a capacidade de se ligar a pontos-chave das proteínas situadas nas superfícies virais que, normalmente, são as mesmas regiões que o patógeno usa para entrar na célula do hospedeiro ou onde há a promoção dos mecanismos de ingresso do vírus na célula.

"Anticorpos que se liguem especificamente em sítios-chave dessas proteínas de adesão ou em proteínas acessórias que medeiam a entrada do vírus na célula acabam neutralizando a infecção viral, impedindo que o vírus passe do líquido extracelular para o interior da célula", explica o virologista Fernando Spilki, ex-presidente da Sociedade Brasileira de Virologia e professor da Universidade Feevale, em Novo Hamburgo (RS). "Com isso, inibem completamente a replicação viral. Em consequência, promovem uma imunidade que é efetivamente esterilizante, pois evitam que a infecção se dissemine no organismo e sejam produzidas partículas virais em

grandes quantidades, o que está associado à doença e ao contágio."

No caso da Covid-19, destaca Caddy, para promover a imunidade esterilizante as vacinas deveriam induzir a produção de anticorpos neutralizantes que se liguem à proteína da espícula viral (as projeções que revestem o microrganismo), também conhecida como proteína S (de *spike*), e principalmente, complementa Spilki, a um ligante denominado RDB (*receptor binding domain* ou domínio de ligação ao receptor). "Esse objetivo, embora difícil de se alcançar [bloquear o RDB e conferir imunidade esterilizante], está na base do desenho das vacinas de vetores adenovirais, da AstraZeneca, e de mRNA, da Pfizer e Moderna", ressalta o pesquisador da Feevale.

Em junho de 2020, a equipe do imunologista brasileiro Michel Nussenzweig, da Universidade Rockefeller, em Nova York, nos Estados Unidos, publicou um artigo na revista *Nature* mostrando que nem todos os doentes de Covid-19 analisados no estudo conduzido por seu grupo produziram os mesmos anticorpos, e que aqueles conhecidos como neutralizantes eram raros e achados em maiores quantidades apenas em algumas pessoas. O estudo concluiu que uma vacina eficiente seria a que estimulasse a produção desses anticorpos.

Sob o ponto de vista estrutural e de classificação, anticorpos neutralizantes integram as mesmas classes e subclasses das imunoglobulinas IgG, IgM, IgA, IgE e IgD, que compõem nossa imunidade humoral (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 294*), mas pertencem principalmente à classe IgG e, em menor quantidade, à IgM.

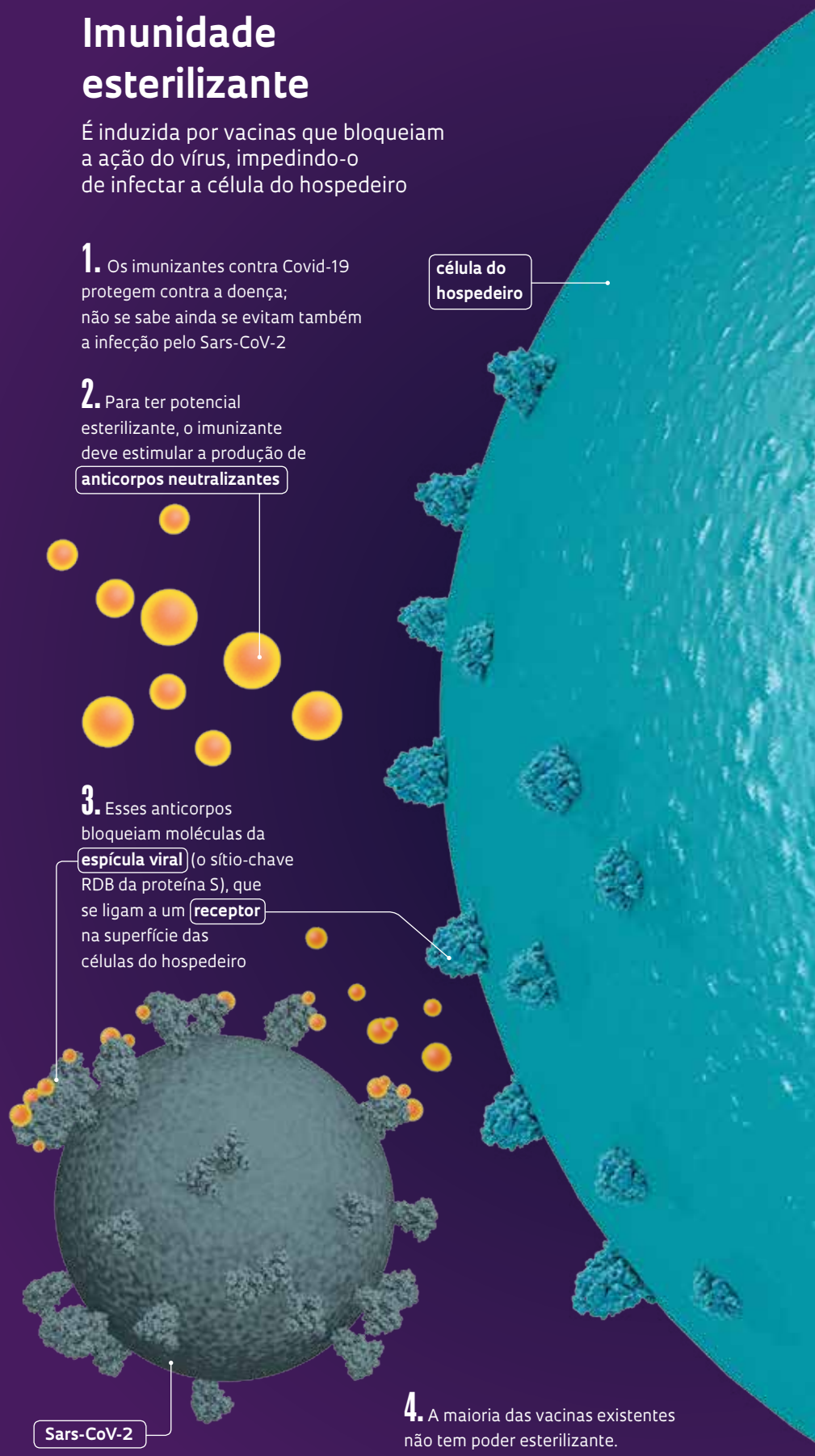
Especialistas comentam que também seria importante que as vacinas induzissem a produção de anticorpos neutralizantes do tipo IgA, encontrados nas superfícies das mucosas das vias respiratórias, portas de entrada do vírus no organismo. "Para ter uma resposta mais robusta e bloquear a infecção, provavelmente vamos precisar de diferentes classes de anticorpos com capacidade de reconhecer o vírus", conclui a pesquisadora de Cambridge. ■

Artigo

ROBBIANI, D. F. *et al.* Convergent antibody responses to Sars-CoV-2 in convalescent individuals. **Nature**. 18 jun. 2020.

Imunidade esterilizante

É induzida por vacinas que bloqueiam a ação do vírus, impedindo-o de infectar a célula do hospedeiro



INFOGRÁFICO ALEXANDRE AFFONSO

UM ADMIRADOR DOS VÍRUS

Especialista em coronavírus, médico da USP fala das novas variantes do Sars-CoV-2 e do risco que podem representar para a eficácia de algumas vacinas

Ricardo Zorzetto | RETRATO **Léo Ramos Chaves**

Eurico de Arruda Neto é um estudioso dos vírus, seres situados na fronteira entre o vivo e o não vivo que têm uma constituição tão enxuta a ponto de dependerem totalmente de outros organismos vivos para se reproduzir e evoluir. "São parasitas bioquímicos elegantíssimos", afirma o virologista, que se interessou por esses seres microscópicos, constituídos basicamente de material genético envolto por uma camada de proteínas, ainda durante a graduação, realizada na Universidade Federal do Ceará (UFC).

No último ano do curso médico, ele participou de um projeto de pesquisadores norte-americanos que investigavam as infecções mais comuns em uma favela de Fortaleza e descobriu a importância dos vírus respiratórios para a saúde humana, que, até então, recebiam pouca atenção. Estudou a ocorrência de HIV entre indígenas brasileiros durante o mestrado na Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) e, no doutorado, iniciado na mesma instituição e concluído na Universidade da Virgínia, Estados Unidos, retomou a investigação dos vírus respiratórios. Lá ele teve seu primeiro contato, em fins dos anos 1980, com os coronavírus que naquela época já eram conhecidos por infectarem seres humanos e causarem problemas respiratórios semelhantes a gripes ou resfriados.

De lá para cá, esses vírus, responsáveis por cerca de 10% dos problemas respiratórios em adultos e crianças, não saíram mais do seu radar. A pandemia de Covid-19, causada pelo Sars-CoV-2, o mais novo integrante da família dos coronavírus, obrigou Arruda a reorganizar a rotina de trabalho de seu grupo de pesquisa para investigar como o novo patógeno age no organismo humano e buscar formas de combatê-lo.

Na entrevista a seguir, concedida no início de janeiro por videoconferência, o virologista, coordenador do Laboratório de Patogênese Viral da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto (FMRP-USP), fala da surpreendente capacidade de disseminação do Sars-CoV-2, do surgimento de novas variantes e do risco que elas podem representar para a eficácia de alguns tipos de vacina contra a Covid-19. Também alerta para a necessidade de se criarem sistemas de vigilância mais atuantes para detectar vírus que podem causar novas pandemias.

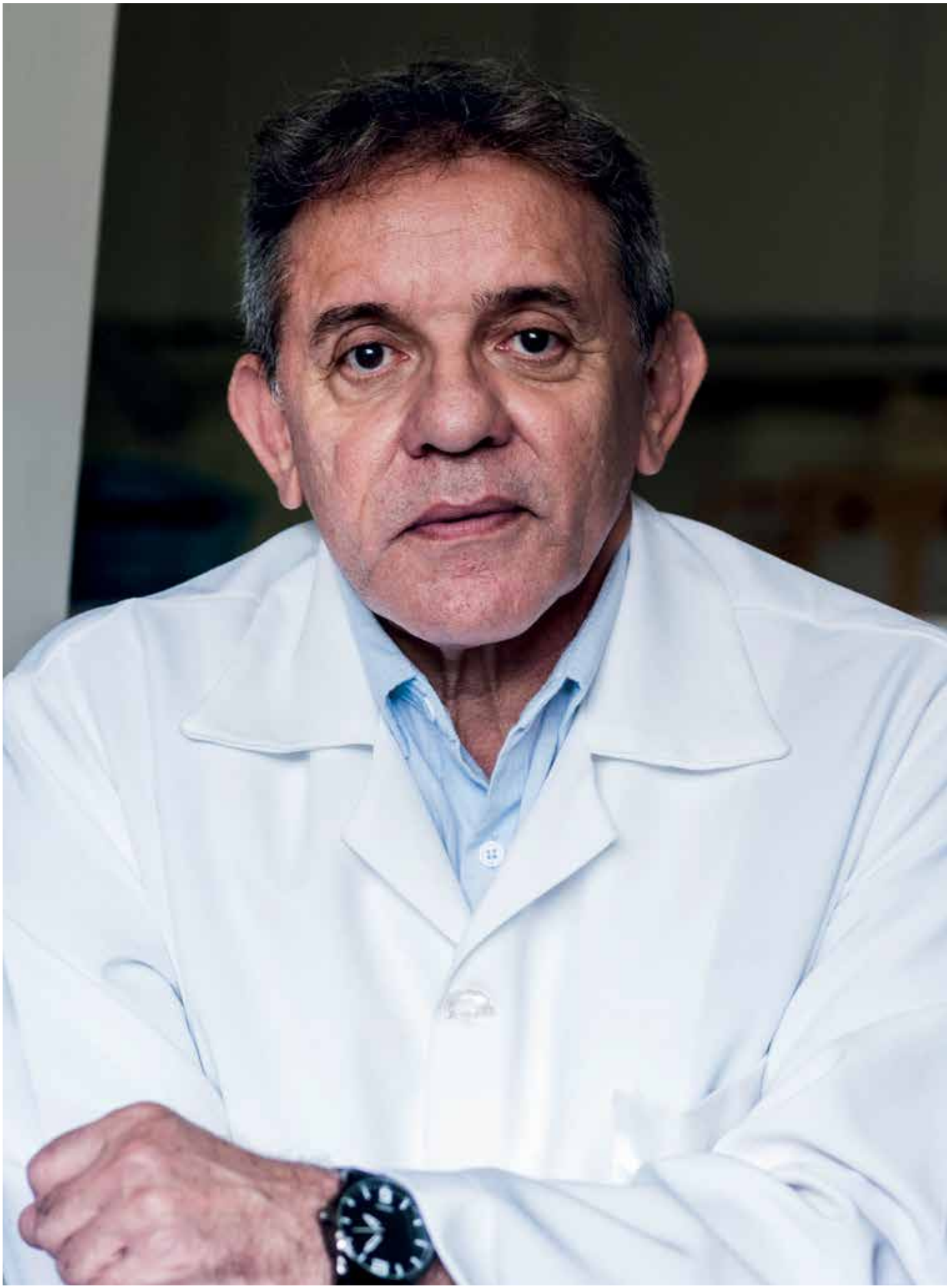
IDADE 63 anos

ESPECIALIDADE
Virologia

INSTITUIÇÃO
Universidade de São Paulo (USP)

FORMAÇÃO
Graduação em medicina pela Universidade Federal do Ceará (1982), mestrado em infectologia pela Universidade Federal de São Paulo (1987) e doutorado na mesma instituição, com intercâmbio na Universidade da Virgínia (1991)

PRODUÇÃO
83 artigos científicos e 20 capítulos de livros



Os coronavírus são seus velhos conhecidos. Quando começou a estudá-los?
Decidi estudar vírus respiratórios logo após a graduação. Queria conhecer melhor os rinovírus, que são causadores do resfriado comum, os agentes infecciosos que atingem com maior frequência os seres humanos. Na época, não se sabia muito sobre rinovírus e fui para um grupo de pesquisa que os estudava na Universidade da Virgínia, nos Estados Unidos. Tínhamos também de estar atentos às variedades de coronavírus então conhecidas, porque eram consideradas a segunda causa mais frequente de resfriado comum. Esses vírus respondem por uns 10% das infecções respiratórias em crianças, o que é muita coisa. No final dos anos 1980, incluímos o rastreio dos coronavírus em pessoas com resfriado e, desde então, esses vírus estão em nosso radar.

Há estudos recentes?
Em 2019, publicamos o resultado de um estudo feito com 236 crianças atendidas no Hospital das Clínicas da USP em Ribeirão Preto. Dos mais de 200 vírus investigados, os coronavírus, sozinhos ou em associação com os rinovírus C, foram os causadores das infecções mais graves, que mais levavam à internação em UTI [Unidade de Terapia Intensiva] pediátrica. Esse trabalho tratou apenas dos quatro coronavírus que já eram endêmicos nos seres humanos, conhecidos pelas siglas OC43, 229E, HK11 e NL63.

Conhecendo os coronavírus há tanto tempo, imaginava que o Sars-CoV-2 pudesse causar uma pandemia?
Quando surgiram as notícias sobre o novo vírus na China em dezembro de 2019, achei que veríamos algo semelhante ao que ocorreu em 2002 com o Sars-CoV, causador da Síndrome Aguda Respiratória Grave, a Sars, ou em 2012 com o vírus da Síndrome Respiratória do Oriente Médio, a Mers, que ficaram restritos, respectivamente, ao Sudeste da Ásia e ao Oriente Médio. Foi uma surpresa que o novo coronavírus tenha se espalhado feito rastilho de pólvora.

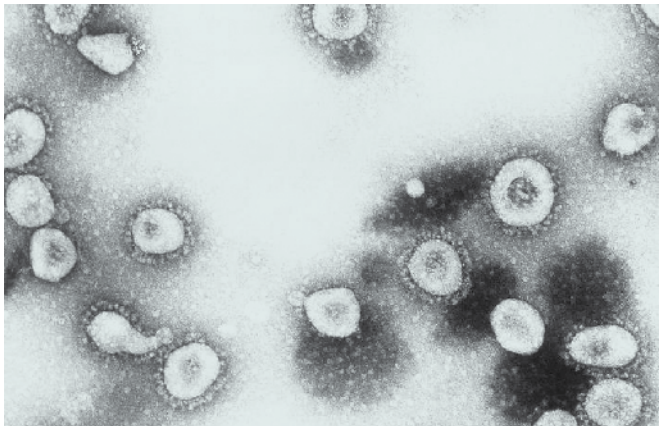
Não havia pistas desse potencial?
Os vírus da Sars e da Mers causaram doença grave, mas tinham transmissibilidade baixa. Todos eles são muito parecidos em sua origem zoonótica. São fruto de *spillover*, um salto de uma espécie animal para o ser humano. O que os coronavírus endêmicos nos ensinaram, e está se confirmando, é que a resposta imunológica de anticorpos contra eles é fraca. Isso é conhecido desde a década de 1960, quando o virologista britânico David Tyrrell [1925-2005], descobridor dos coronavírus, inoculou esses vírus no nariz de voluntários saudáveis. As pessoas desenvolveram um resfriado e produziram anticorpos contra o vírus. Um ano mais tarde, Tyrrell infectou novamente esses indivíduos com o vírus e verificou que os anticorpos praticamente não existiam mais.

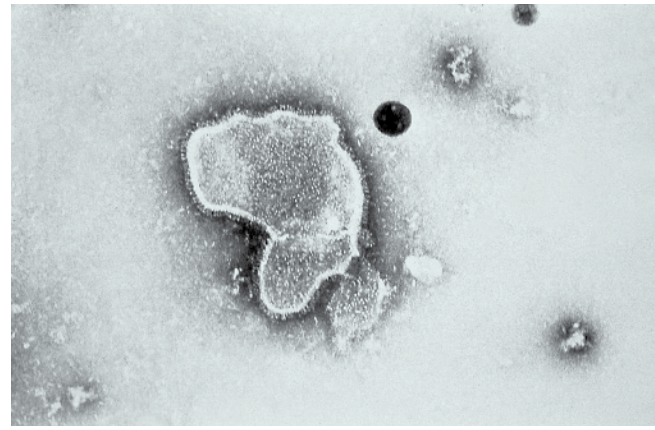
Há risco de que essa característica prejudique a eficácia das vacinas?
Para responder a essa pergunta, preciso dar um passo atrás. A resposta imune pode ser dividida em duas frentes: uma comandada por células chamadas linfócitos B e outra pelos linfócitos T, que interagem e trocam informações. Os linfócitos B produzem anticorpos, enquanto os linfócitos T, após um primeiro contato com o vírus, são capazes de reconhecer células infectadas por ele. Um subconjunto de linfócitos T, os T CD8, pode eliminar as células contendo vírus. A imunidade proporcionada pelos linfócitos T de memória é mais longeva do que a dos anticorpos. Fiz essa introdução para agora chegar à resposta: sim, a forma como os coronavírus despertam a resposta imune de anticorpos, que é de curta duração, pode prejudicar a eficácia de algumas vacinas.

> “Do ponto de vista evolutivo, a tendência é que o vírus sofra adaptações e se torne menos nocivo ao hospedeiro

Quais podem ser afetadas?
A maioria das vacinas foi desenvolvida para produzir anticorpos apenas contra a proteína da espícula, a proteína S, do vírus. É o caso das vacinas de RNA, como a da Pfizer-BioNTech e da Moderna, ou das que usam outro vírus para introduzir no organismo a receita para fazer a proteína da espícula do Sars-CoV-2, caso da vacina da Universidade de Oxford/AstraZeneca. Essas vacinas estão mais sujeitas a perder eficácia porque a proteína da espícula, que fica na superfície do vírus, pode sofrer mutações e, em algum momento, deixar de ser reconhecida pelos anticorpos induzidos pelas vacinas. À medida que os vírus se multiplicam, seu material genético é copiado e pode incorporar erros, que são as mutações. Algumas podem causar alterações nas proteínas e torná-las irreconhecíveis para um sistema imune exposto a uma versão anterior do vírus. Do ponto de vista evolutivo, a tendência é que o vírus sofra adaptações e se torne menos nocivo ao hospedeiro. Isso acontece porque ele passa por uma seleção natural darwiniana. Multiplicam-se com mais sucesso e têm maior probabilidade de serem passadas adiante as variantes que não matam o hospedeiro ou as que causam doença mais leve que, como consequência, podem se tornar endêmicas. Vemos isso o tempo todo em estudos com células e animais. Por razões seletivas, é maior a probabilidade de que ocorram mutações na proteína da espícula, como, aliás, já vêm ocorrendo.

Qual vacina tomaria?
Se pudesse escolher, eu tomaria uma vacina feita com o vírus inteiro, como a CoronaVac, feita pela Sinovac em parceria com o Instituto Butantan, ou a Covaxin, da indiana Bharat Biotech. Essas vacinas são meio “brutas”, feitas com o vírus picotado e tratado com detergente e formalina. Elas contêm todos os elementos do vírus, assim como a vacina da gripe. Conhecemos o tipo de resposta imunológica gerada por elas. O organis-





Cópias do coronavírus endêmico OC43 (*acima*) e exemplar de vírus sincicial respiratório humano

mo, especialmente por meio das células T de memória, torna-se capaz de identificar várias partes do vírus, e não só a espícula. É muito mais fácil ocorrerem mutações em uma única proteína do que simultaneamente em várias proteínas. Além disso, as vacinas feitas com vírus inteiros inativados geram uma resposta celular, de linfócitos T, mais duradoura. Estudos feitos na Europa e nos Estados Unidos já mostraram que entre 40% e 50% das pessoas nunca expostas ao Sars-CoV-2 tinham linfócitos T capazes de destruí-lo, provavelmente porque essas células já tinham entrado em contato com os coronavírus endêmicos e conseguiam reconhecer partes que são muito semelhantes no novo coronavírus.

Isso significa que uma vacina de vírus inteiro inativo pode produzir uma resposta imune mais robusta e duradoura do que uma vacina de RNA, ainda que sua eficácia seja menor?

Exatamente. Vacina foi feita para prevenir doença, e não para evitar infecção. Um exemplo clássico é o da vacina contra rotavírus. Ela praticamente eliminou os casos de diarreia severa causada por esse vírus, mas não impede a infecção. Quem recebe uma vacina de vírus inteiro contra o Sars-CoV-2 pode até ser infectado por ele, mas provavelmente não vai adoecer nem vai saber que teve a infecção. Houve uma celeuma desnecessária a respeito da eficácia da CoronaVac, que aparentemente é muito boa, por evitar a morte e prevenir perto de 80% dos casos graves e 50% das manifestações leves. Uma vacina que estimule a produção de anticorpos apenas contra a espícula do vírus pode perder eficácia se passar a prevalecer uma linhagem com a espícula alterada.

O surgimento de variantes mostra que é importante monitorar os vírus circulantes. Isso tem sido feito de maneira adequada?

Não. Precisaríamos fazer um esforço para coletar amostras e sequenciar o material genético desse vírus muito maior do que o que tem ocorrido, principalmente no Brasil. Alguns países realizam muitos sequenciamentos e sabem quais variantes do vírus estão por ali. No Brasil, ainda não fazemos isso na quantidade necessária. Há grupos sequenciando bastante em São Paulo, Rio de Janeiro, Amazonas e Rio Grande do Sul, mas deveríamos fazer muito mais e de modo mais bem distribuído. Não adianta sequenciar todos os vírus de São Paulo e nenhum de Mato Grosso, por exemplo. Deveríamos ter postos sentinelas distribuídos pelo país para coletar essas amostras e sequenciá-las para acompanhar a disseminação das variantes. Também é preciso fazer os testes para monitorar se essas variantes são capazes de escapar dos anticorpos induzidos pelas vacinas.

Esse risco de escape torna mais urgente vacinar a população?

Sim, é preciso vacinar um número muito grande de pessoas rapidamente para evitar que essas variantes se propaguem porque, quanto mais gente se infectar antes de ser imunizada, mais o vírus vai se replicar, acumular mutações e gerar novas variantes.

Existem indícios de que algumas variantes se disseminam mais rapidamente. Foram feitos estudos confirmatórios para alguma delas?

Exceto pela evidência de maior transmissibilidade em modelo animal obtida com a mutação D614G, ainda não houve comprovação definitiva de que as variantes que estão surgindo sejam mais transmissíveis. Por enquanto, há evidências de que algumas produzem maiores quantidades de vírus nas secreções, o que as tornaria mais facilmente transmissíveis. Por isso, alguns governos tomaram atitudes preventivas, impedindo a entrada de pessoas vindas de locais onde essas variantes circulam. Mas ainda não se pode afirmar que todas são realmente mais transmissíveis. Foram feitos estudos que usam modelagem molecular computacional que sugerem maior transmissibilidade. Só que isso precisa ser validado em experimentos de laboratório. Estudos de transmissibilidade geralmente são feitos com camundongos. Coloca-se um animal infectado em uma gaiola e se verifica se ele infecta o animal são que está na gaiola vizinha, com o qual compartilha o mesmo ar respirado. Sem esses experimentos, não se consegue saber, por exemplo, por que determinada variante está se espalhando muito, como a de Manaus. Pode ser que ela seja transmitida mais facilmente, mas pode ser que ela seja mais abundante lá apenas por ter surgido naquela cidade, onde agora quase não haveria mais a variante que causou a primeira onda.

Apenas no início deste ano a China autorizou a entrada em seu território de uma equipe da Organização Mundial da Saúde para investigar a origem do novo coronavírus. Por que é importante saber em que animal surgiu e como ele chegou aos seres humanos?

Para conhecer como ocorre um *spillover* e para que se busquem formas de evitar que outros ocorram. Os *spillovers* são consequência da degradação ambien-

FOTOS ERSKINE PALMER/CDC

tal causada pela atividade humana. É preciso reduzir os danos conhecendo, por exemplo, quais são as espécies de morcego que antes estavam nas matas, seu ambiente natural, e agora estão nas cidades. Os morcegos estão há mais de 60 milhões de anos no planeta e albergam muitos vírus sem adoecer porque têm um sistema imune que não produz muita inflamação. Se por meio de estudos genéticos e computacionais conhecermos antecipadamente os vírus que esses animais carregam e a afinidade desses vírus pelas proteínas das células humanas, é possível ficar alerta, tentar evitar o contágio e preparar antecipadamente medidas de prevenção e tratamento.

Quais centros fazem adequadamente essa vigilância zoonótica?
Muito poucos. Um dos principais fica na Escola Médica Duke-NUS, em Singapura. Nos Estados Unidos existem alguns centros, como o de Galveston, no Texas, e o da Universidade de Tulane, em Nova Orleans. No Brasil, infelizmente, não existem instituições que façam um esforço concentrado nessa área. Temos instituições de saúde pública muito boas, como o Instituto Evandro Chagas, no Pará, a Fundação Oswaldo Cruz, no Rio de Janeiro e em outros estados, e o Instituto Adolfo Lutz, em São Paulo. Mas estão sobrecarregados com as tarefas do dia a dia para realizar prospecção de vírus.

Quais foram os acertos e os erros da China e dos outros países ao se perceberem diante de um vírus perigoso?
Não enxergo nenhum erro gritante na atitude dos chineses. Isolaram o vírus, sequenciaram o material genético e compartilharam as informações. No início, o mundo todo olhou com desconfiança para a disseminação do vírus, pensando, "será que chega mesmo?". Chegou. No Brasil, medidas drásticas deveriam ter sido tomadas bem no começo, como rastreamento em aeroportos, restrição de viagens e outras ações. Mas é difícil. Existem pressões políticas e econômicas. Algo que atrapalhou muito foi a disseminação de notícias falsas sugerindo que a cloroquina ou a ivermectina poderiam tratar a doença. Atualmente, tenho receio do espalhamento de notícias falsas sobre as vacinas. Já se veem pessoas dizendo que não se imunizarão nem se a vacina lhes for oferecida.

Há motivo para inquietação com os casos de reinfecção?
Todo vírus que desperta no organismo uma imunidade precária, como os coronavírus, pode causar reinfecção. Na década de 1960, David Tyrrell mostrou que isso pode acontecer. O que me surpreende no caso do novo coronavírus é que as reinfecções estão ocorrendo com um intervalo de tempo muito curto, de 60 dias, 45 dias. Suspeito que alguns desses casos sejam, na realidade, quadros de persistência do vírus no organismo.

Como funciona a persistência?
Anos atrás, começamos a estudar as tonsilas [amígdalas] extraídas de crianças que as tinham hipertrofiadas. Isso causa problemas respiratórios e até deformidade facial. As crianças, no entanto, não tinham sinal de gripe nem resfriado no momento da cirurgia ou no mês anterior. No laboratório, analisamos essas tonsilas e verificamos que em 97% dos casos elas estavam infectadas com um ou mais vírus respiratórios. Encontramos material genético e proteínas de vários vírus no tecido. Quando maceramos as tonsilas e colocamos o material em cultura de células, os vírus passaram a se multiplicar. Depois disso, outros grupos mostraram a mesma coisa. Mais recentemente, começamos a estudar outros tecidos linfoides – tonsilas, baço, linfonodos, timo e medula óssea – de pessoas que haviam morrido por problemas cardiovasculares. Embora esses indivíduos não tenham morrido por causa de problemas respiratórios, encontramos em vários desses órgãos vírus respiratórios, como os rinovírus, o vírus sincicial respiratório, o vírus da influenza e outros.

> "Vacina foi feita para prevenir doença, e não para evitar infecção. Um exemplo clássico é o da vacina contra rotavírus

O que isso mostra?
Que essas pessoas provavelmente tiveram uma infecção respiratória viral no passado, ficaram resfriadas, tossiram, espirraram, e o sistema imunológico resolveu a infecção. Mas o vírus encontrou nichos que poderia habitar sem causar danos ao hospedeiro. Estamos investigando em quais condições a infecção poderia ser reativada. Acredito que essa situação em que o vírus convive com o hospedeiro sem fazê-lo adoecer pode ser vantajosa para ambos. Para o vírus, porque permanece viável por longos períodos, para o organismo, porque a persistência viral pode servir como estímulo à memória imunológica de como combater a infecção.

Só fazendo o sequenciamento do material genético dos vírus nos dois momentos e depois comparando é possível saber se de fato é uma reinfecção ou se é uma infecção persistente?
Exato. Não duvido da possibilidade de reinfecção, mas acho que é preciso ser mais rigoroso na sua documentação. Algo que não se detectou ainda no caso do novo coronavírus, mas que pode vir a acontecer, é a recombinação. Se uma mesma célula estiver infectada com duas cepas diferentes, o material genético de cada uma delas pode se misturar e originar uma terceira.

Desde o começo da pandemia, o senhor direcionou o seu laboratório para estudar o novo coronavírus. O que seu grupo descobriu?
Nossa descoberta mais importante até agora foi que o novo coronavírus infecta células de defesa: monócitos, linfócitos B, linfócitos T CD4 e, para minha surpresa, até linfócitos T CD8. Todas essas células estão envolvidas no combate ao vírus. Alguns vírus, como o HIV, infectam linfócitos, mas não se sabia que os coronavírus também eram capazes disso.

Qual a consequência?
Os linfócitos são células que combatem infecções em vários tecidos. Se o vírus infecta e mata linfócitos, ele pode prejudicar a resposta imunológica. Mas o Sars-CoV-2 não infecta somente linfócitos responsáveis por combatê-lo. Ele invade linfócitos dirigidos contra outros patógenos, o que pode facilitar outras infecções. Desde o começo da pandemia, foi visto que pacientes com Covid-19 moderada e grave têm linfopenia, que é uma baixa de linfócitos no sangue. Não se sabia a causa. Imaginava-se que a redução ocorresse porque os linfócitos haviam migrado para os tecidos infectados. Mostramos que o vírus também mata os linfócitos, o que pode ter outra repercussão importante. A resposta inflamatória intensa observada na Covid-19 pode ser decorrente da infecção de certos clones de linfócitos pelo Sars-CoV-2. Isso faria esses clones secretar uma quantidade enorme de citocinas. Ainda não temos prova disso.

O que mais viram?
Em outro trabalho, ajudamos o grupo de Fernando Cunha, da Faculdade de Medicina da USP em Ribeirão, a demonstrar que o Sars-CoV-2 induz outro tipo de célula de defesa, os neutrófilos, a liberar armadilhas extracelulares, as *neutrophil extracellular traps*, ou Nets. Quando essas células sofrem estresse, como a infecção pelo vírus, elas lançam para o meio externo emaranhados de seu próprio DNA, que, em infecções por bactérias e fungos, acabariam aprisionando os patógenos. As Nets são muito tóxicas e podem gerar inflamação. Vimos que as Nets participam da resposta inflamatória na Covid-19. O pulmão de quem morre está cheio delas nos pontos em que há presença do vírus. Essa constatação abriu uma perspectiva de tentar reduzir a inflamação pulmonar. Existem tratamentos inalatórios que se baseiam no uso de enzimas chamadas DNAses para dissolver as Nets. Em outro estudo, feito com Norberto Peporine Lopes, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, vimos, por meio de modelagem computacional, que a molécula do tenofovir disoproxil fumarato, um antiviral usado contra o HIV, encaixava-se muito bem na polimerase do Sars-CoV-2. Essa enzima atua na multiplicação do material genético do vírus. Em experimentos com células mostramos que o tenofovir reduziu em centenas de vezes a quantidade de vírus. Informamos o resultado ao Ministério da Saúde e conseguimos iniciar um ensaio clínico, atualmente em andamento, no Ceará, para verificar se reduz a carga viral, a necessidade de internação e a gravidade da doença. Com o grupo de Dario Zamboni, constatamos que o vírus, ao invadir células do sistema imune, ativa no interior delas a formação de um complexo de proteínas chamado inflamassoma, que dispara a resposta inflamatória.

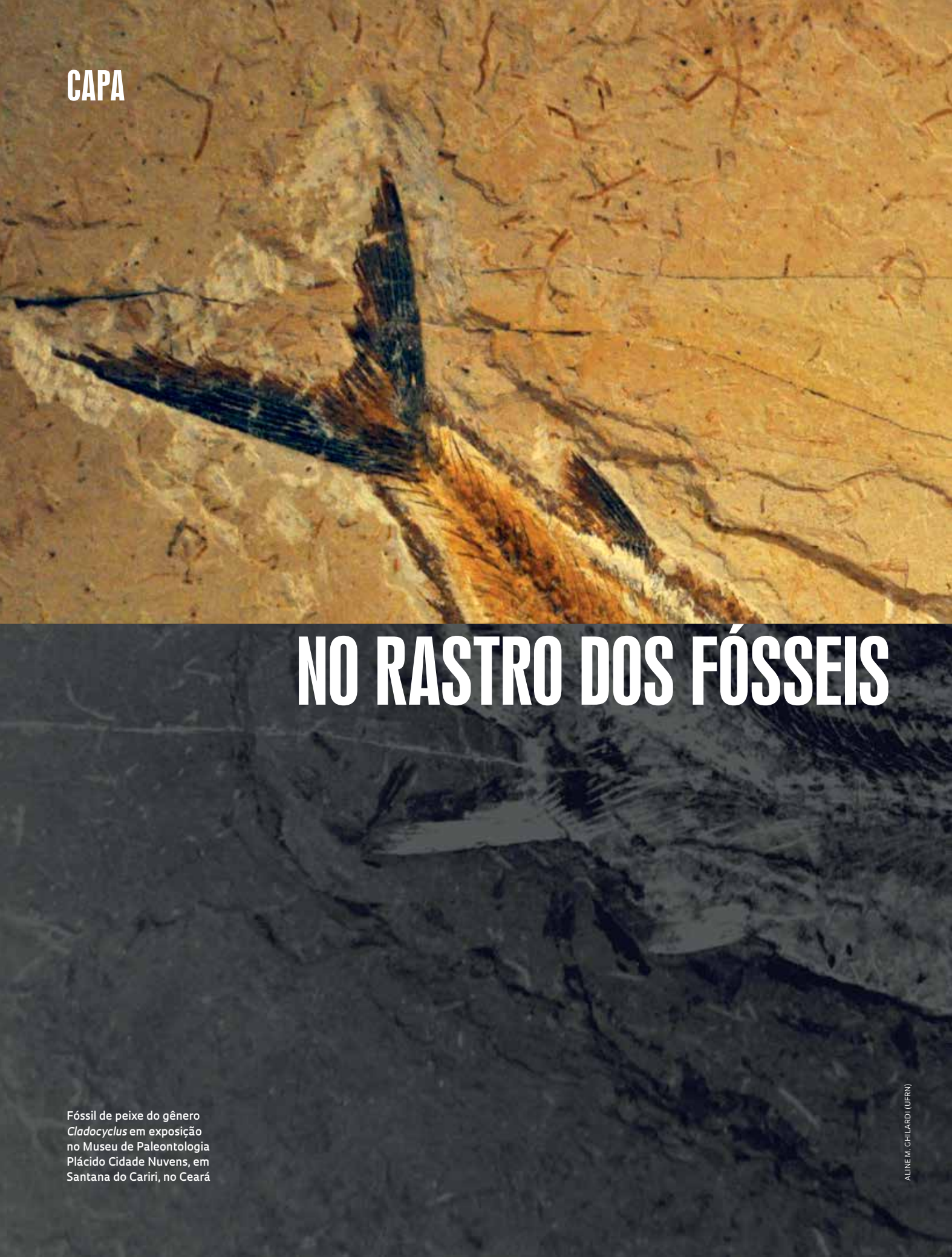
> “O Sars-CoV-2 infecta os linfócitos responsáveis por combatê-lo e também os dirigidos contra outros patógenos

Como surgiu o seu interesse pelos vírus?
Em 1981, eu era estudante do sexto ano de medicina na UFC e já me interessava pela bioquímica dos vírus. Um dia encontrei uma professora da medicina social que me contou sobre um projeto de pesquisadores da Universidade da Virgínia, nos Estados Unidos. Eles estavam fazendo um levantamento de doenças infecciosas, entre elas as virais, na favela de Gonçalves Dias, em Fortaleza. Procurei o coordenador do estudo, Richard Guerrant, e disse que estudaria doenças infecciosas para me tornar virologista. Ele aceitou minha participação e fizemos um estudo muito cuidadoso. Durante dois anos, fomos à casa das pessoas três vezes por semana para verificar se as crianças menores de 5 anos apresentavam sintomas de doença e coletar material para análises em laboratório. Consegui um bom material e identifiquei alguns vírus. No doutorado, feito na Unifesp, consegui uma bolsa para terminar a análise daquele material de Fortaleza no laboratório de vírus respiratórios da Universidade da Virgínia.

O que observou?
Analisávamos um painel de vírus respiratórios detectados naquelas crianças. O rinovírus, causador do resfriado, era o campeão, cinco vezes mais comum que os outros. Eu havia me formado em medicina, mas não tinha estudado esse assunto, que não era considerado um problema de saúde importante. Mas é. Infecção por rinovírus pode desencadear crises de asma, sinusites e otites médias. Cinquenta por cento dos pacientes que vão ao pronto-socorro tratar crises de asma estão infectados por um rinovírus. Hoje se acredita que essa crise é causada pela resposta do sistema imune a esse vírus. Uma vacina contra rinovírus poderia reduzir em 50% as crises de asma. Naquela época, não se sabia quase nada sobre esse vírus e decidi estudá-lo. Foi o meu o primeiro trabalho a mostrar em qual tipo de célula os rinovírus se replicavam: as células ciliadas do epitélio respiratório. Hoje estou vendo que esse vírus também se reproduz nos linfócitos das tonsilas e de outros órgãos linfoides.

Por que é tão difícil obter antivirais eficientes?
Os vírus são parasitas bioquímicos de grande elegância. Para mim, são seres vivos, uma vez que se replicam, deixam descendentes e evoluem. Só que dependem quase totalmente de outro ser vivo, que é a célula hospedeira. Como eles dependem tanto das vias metabólicas da célula, é preciso encontrar compostos capazes de inibir a replicação do vírus sem danificar a célula. Tem sido quase impossível separar as vias que são estritamente virais das que são celulares. Há muitos antivirais, mas que não podem ser usados. Nos experimentos, eles impedem a reprodução dos vírus, mas, por comprometerem vias metabólicas das células, eles as matam. ■

NO RASTRO DOS FÓSSEIS



Fóssil de peixe do gênero *Cladocyclus* em exposição no Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens, em Santana do Cariri, no Ceará

ALINE M. GHILARDI (UFRN)

CONTRABANDEADOS

Paleontólogos se articulam com o Ministério Público e a Polícia Federal para frear o tráfico de patrimônio fossilífero no Brasil

Rodrigo de Oliveira Andrade

O Brasil ganhou em dezembro uma nova espécie de dinossauro. O animal tinha o tamanho de uma galinha, andava sobre duas patas e tinha o corpo coberto por fios longos e finos – uma forma rudimentar de penas –, além de dois pares de uma estrutura alongada e rígida se projetando em V de seus ombros. Estima-se que *Ubirajara jubatus*, como foi batizado, tenha vivido há cerca de 120 milhões de anos onde hoje está o Nordeste brasileiro, alimentando-se de insetos e pequenos vertebrados. A descrição desse exemplar raro de dinossauro do Cretáceo Inferior, período geológico que durou de 146 milhões a 100 milhões de anos atrás, consta de um estudo publicado na revista *Cretaceous Research* por uma equipe internacional de pesquisadores. A descoberta se deu a partir de análises de fósseis da bacia do Araripe, na divisa dos estados do Ceará, Piauí e Pernambuco, uma das regiões com o maior número de casos relatados de tráfico desses materiais no país. O holótipo – peça única que serve de base para a descrição de uma nova espécie – está no Museu de História Natural de Karlsruhe, na Alemanha, o que chamou a atenção de pesquisadores brasileiros. Eles desconfiam de que o fóssil foi retirado ilegalmente do país.

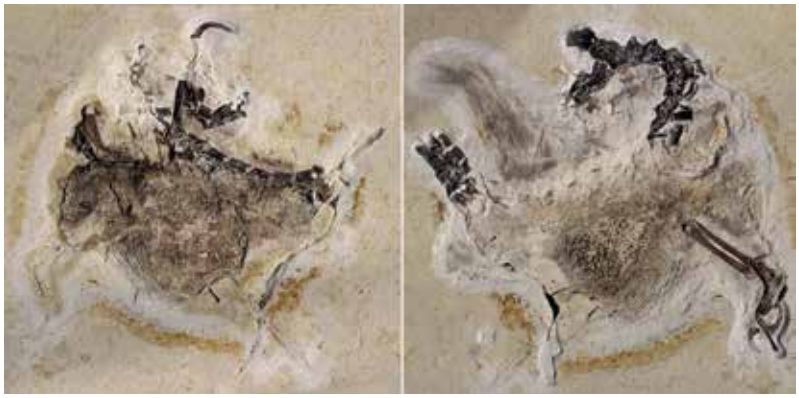
A suspeita gerou ampla campanha nas redes sociais. Dezenas de cientistas se mobilizaram para exigir a devolução do material. Em meio às críticas, e a pedido da Sociedade Brasileira de Paleontologia (SBP), a *Cretaceous Research* retirou o artigo do ar até que as questões levantadas sejam esclarecidas. O caso chegou ao Ministério Público Federal (MPF) de Juazeiro do Norte, no Ceará, que instaurou procedimento para investigar a saída do fóssil e solicitou às autoridades alemãs a apreensão e a repatriação do material. Um dos autores do estudo, o paleontólogo britânico David Martill, da Universidade de Portsmouth, no Reino Unido, defendeu-se das acusações de tráfico internacional. "O holótipo está no museu de Karlsruhe, onde eu o vi pela primeira vez. Eu não o coletei e certamente não o exportei", disse a *Pesquisa FAPESP*. "Seja como for, não sou o responsável por verificar a procedência dos fósseis com os quais trabalho. Se estão em um museu, presumo que estejam lá legitimamente."

Para atestar a legalidade do holótipo à *Cretaceous Research*, o paleontólogo alemão Eberhard Frey, curador do museu de Karlsruhe e autor do artigo ao lado de Martill, apresentou um documento emitido e assinado em 1995 por José Betimar Melo Filgueira, à época chefe do escritório regional do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), no Crato, Ceará, autorizando-o a "transportar duas caixas contendo amostras calcárias com fósseis, sem nenhum valor comercial, com o objetivo precípuo de proceder estudos paleontológicos". A paleontóloga Aline Ghilardi, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), porém, contesta o documento. "Ele não diz nada sobre exportar os materiais definitivamente para fora do país e também não especifica quantos e quais fósseis estavam naquelas caixas. Do modo como foi redigido, os autores podem continuar a descrever novas espécies pelos próximos 20 anos alegando que todos os holótipos saíram de dentro delas", diz. Ela também chama a atenção para o fato de o funcionário que emitiu a autorização ter sido condenado em 2015 por improbidade administrativa em um esquema de emissão ilegal de certificados de autenticidade de pedras preciosas. "Essa 'autorização' é constrangedora e depõe contra os próprios autores do artigo, que conhecem as leis brasileiras por já terem trabalhado várias vezes no Brasil", afirma.

O imbróglio envolvendo *U. jubatus* colocou o tráfico de fósseis novamente em evidência no Brasil. Ao mesmo tempo, deu mostras de como pesquisadores brasileiros estão se articulando com o MPF para tentar repatriar esses materiais. Nos últimos sete anos, o MPF de Juazeiro do Norte instaurou pelo menos 10 procedimentos para investigar a remoção ilegal dessas peças para o ex-

A extração de calcário laminado por operários de mineradoras em Nova Olinda é a principal responsável pela descoberta de novos fósseis

2



1

O holótipo de *U. jubatus* foi encontrado na bacia do Araripe, mas desde 1995 integra a coleção do Museu de Karlsruhe, na Alemanha. A suspeita é de que a peça tenha sido contrabandeada do Brasil

FOTOS 1 SMYTH, R. *ET AL.* CRETACEOUS RESEARCH, 2020 **2 E 3** ALINE M. GHILARDI (UFRN)

terior. "A maioria partiu de denúncias feitas por cientistas", comenta Rafael Rayol, procurador da República à frente das investigações no Brasil. O mais antigo diz respeito à repatriação de 46 fósseis do Araripe, entre eles um esqueleto de pterossauro.

Em 2014, a bióloga Taissa Rodrigues, da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), soube da venda de um pterossauro da espécie *Anhanguera santanae* em um site de leilões. A Geofossiles, loja especializada na venda de fósseis em Charleville-Mézières, na França, pedia quase R$ 1 milhão pelo exemplar. "Foi uma surpresa ver que o esqueleto à venda estava quase completo, com cabeça, pescoço e asas praticamente intactos", diz Rodrigues. A pesquisadora decidiu denunciar o caso ao MPF, que solicitou a ajuda das autoridades francesas.

Não demorou para que identificassem o dono da peça: Eldonia, empresa especializada na venda de fósseis na Europa. Em operação de busca e apreensão, a polícia francesa encontrou o pterossauro e mais 45 fósseis de várias espécies, todos do Araripe e avaliados em R$ 2,5 milhões. O caso foi parar nos tribunais. Em 2019, a Justiça de Lyon decidiu pela repatriação dos fósseis. A Eldonia, porém, recorreu em segunda instância e conseguiu reverter a decisão. "Entramos com novo requerimento e as autoridades francesas decretaram novamente a apreensão das peças. Estamos aguardando a decisão definitiva para poder trazê-las de volta", diz Rayol.

O biólogo Rodrigo Pêgas, que pesquisa pterossauros e faz seu doutorado na Universidade Federal do ABC (UFABC), viveu situação semelhante em 2020. "Estava procurando imagens de pterossauro na internet para uma apresentação quando me deparei com a foto de um *Tupandactylus imperator*", conta. "Cliquei na imagem e caí em um site de leilão, que arremataria a peça no dia seguinte." O lance inicial mínimo: € 23 mil (aproximadamente R$ 147 mil). Pêgas clicou no nome do proprietário, uma empresa alemã chamada Fossil Worldwide, para ver quais outros itens estava leiloando. Encontrou vários fósseis, todos da mesma região do Nordeste. Ele denunciou o site ao MPF, que começou a apurar o caso com as autoridades alemãs. Após a identificação da responsável pelo leilão, o Ministério Público de Kaiserslautern determinou a apreensão preventiva dos materiais, que ficarão sob custódia das autoridades alemãs até que o caso seja julgado.

Diferentemente dos Estados Unidos e de alguns países europeus, os fósseis no Brasil são considerados propriedade do Estado, sejam eles encontrados em terras públicas ou privadas, e, por isso, não podem ser retirados do país ou comercializados. O mesmo ocorre na China, Mongólia, Marrocos e Mianmar (antiga Birmânia). A primeira lei brasileira sobre patrimônio fossilífero data de 1942 e estabelece que a extração desses materiais depende de autorização do DNPM – em 2018, o órgão passou a se chamar Agência Nacional de Mineração (ANM), vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Em 1990, o antigo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) publicou uma portaria estipulando que cientistas estrangeiros precisariam também de sua autorização para fazer coletas no Brasil. Um ano de-

3

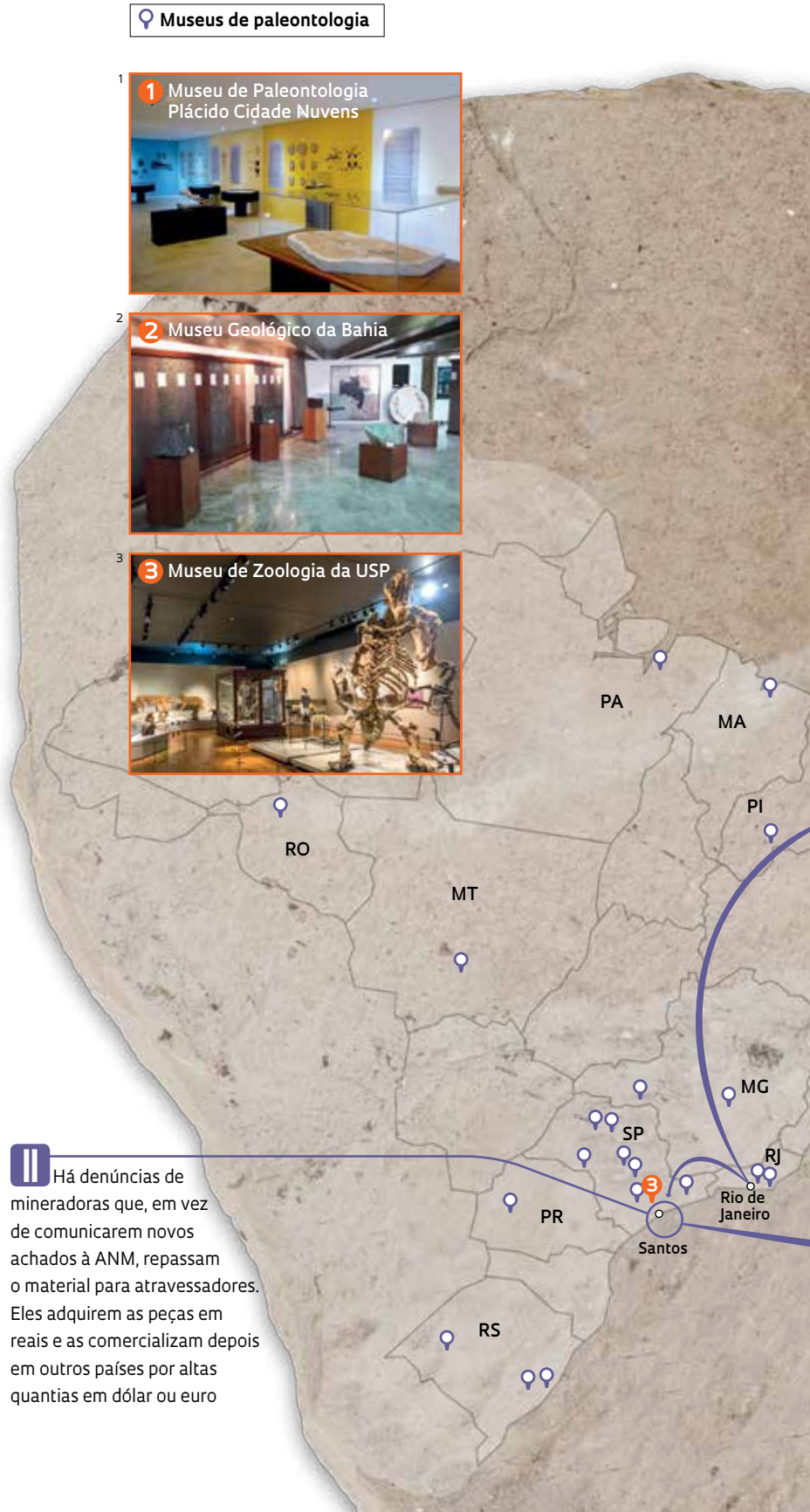
pois, a Lei de Usurpação definiu como crime a exploração de matéria-prima pertencente à União sem autorização. Segundo Rayol, o documento apresentado por Frey, portanto, não justificaria a saída de *U. jubatus*. "A portaria do MCT deixa claro que a coleta e exportação de material paleontológico depende também de sua autorização." Martill diz desconhecer a portaria de 1990: "Sempre trabalhei com o DNPM e nunca fui informado da necessidade de consultar outro órgão".

O MPF irá usar o documento para reforçar o pedido de repatriação do holótipo. Paralelamente, a SBP entrou em contato com o museu de Karlsruhe para discutir a devolução do material e evitar que o caso chegue à Justiça, o que prolongaria o trâmite. "O museu está disposto a negociar", diz Renato Ghilardi, presidente da SBP e que, apesar do sobrenome, não é parente da pesquisadora da UFRN. "Em 2016, conseguimos reaver uma coleção de invertebrados do período Devoniano [entre 416 milhões e 359 milhões de anos atrás] que estavam no museu da Universidade de Cincinnati, nos Estados Unidos", conta. No caso do museu de Karlsruhe, estima-se que vários outros holótipos brasileiros integrem sua coleção, muitos deles descritos por Martill e Frey nos anos 1990. A reportagem questionou o museu se a repatriação de *U. jubatus* levaria à devolução dos outros fósseis brasileiros, ao que o alemão Frey respondeu: "Esse caso atingiu níveis políticos e, por isso, não posso me manifestar. Mas estamos em contato com as autoridades".

O tráfico de fósseis é um problema em vários países. No Brasil, tende a se concentrar na bacia do Araripe. Em parte porque a região é conhecida como uma das poucas a abrigar fósseis de animais pré-históricos com tecidos moles bem preservados. Em geral, essas estruturas – pele, tecidos conjuntivos e órgãos internos – são as primeiras a se decompor e dificilmente fossilizam. Nas raras vezes em que são preservadas, permitem estudos sobre a biologia e a evolução de espécies extintas há milhões de anos. Por essas razões, os fósseis do Araripe têm valor financeiro e científico. "Já ouvi de vários pesquisadores estrangeiros que os fósseis do Araripe são muito importantes para ficarem no Brasil", comenta o biólogo Antônio Álamo Saraiva, do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Regional do Cariri (Urca). "Adoraria que os museus do exterior devolvessem os fósseis para o Brasil porque assim os brasileiros perceberiam que foi melhor eles terem sido

PATRIMÔNIO PROTEGIDO

Mesmo com vários museus de paleontologia, os fósseis brasileiros vão parar em instituições do exterior



Há denúncias de mineradoras que, em vez de comunicarem novos achados à ANM, repassam o material para atravessadores. Eles adquirem as peças em reais e as comercializam depois em outros países por altas quantias em dólar ou euro

contrabandeados para o exterior, onde estão seguros", confirma o britânico Martill.

Conhecido dos paleontólogos brasileiros, o pesquisador já fez vários trabalhos no Araripe. Ele também é um crítico contumaz das leis brasileiras de proteção de fósseis, as quais, na sua avaliação, emperram o trabalho dos cientistas e o desenvolvimento da paleontologia. "Há anos o governo brasileiro subfinancia seus museus. O resultado? Vários incêndios e a destruição de artefatos de importância internacional. Ainda bem que o contingente de fósseis nos museus brasileiros é ínfimo em relação ao que está na Alemanha, nos Estados Unidos e no Japão."

Os pesquisadores brasileiros rebatem o argumento. "Desde os anos 1980 o Araripe conta com um museu estruturado e devotado à preservação do patrimônio fossilífero da região", afirma o biólogo Allysson Pontes Pinheiro, do Departamento de Ciências Físicas e Biológicas da Urca. Situado em Santana do Cariri, o Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens abriga um amplo acervo de fósseis, o qual ajudou a impulsionar a pesquisa científica e a formação de novos cientistas em todo o país. "Em 2005, o governo do Ceará deu um passo além e criou o Geopark Nacional da Bacia do Araripe, para tentar preservar os depósitos fossilíferos locais." Há ainda muitas outras instituições no país com estrutura e mão de obra qualificada para manter fósseis nacionais e estudá-los (*ver mapa ao lado*).

O paleontólogo Max Langer, da Universidade de São Paulo (USP), *campus* de Ribeirão Preto, também contesta o argumento de Martill de que as leis brasileiras emperram o trabalho dos cientistas. "É uma grande bobagem", afirma. Ele explica que é possível levar fósseis brasileiros para fora do país para estudá-los, contanto que voltem depois, assim como é possível pesquisadores de fora do Brasil virem aqui fazer coletas, desde que tenham um projeto aprovado e estejam envolvidos em parcerias com instituições brasileiras – caso o grupo internacional não tenha vínculo com uma instituição nacional, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) se torna seu parceiro formal. "Muitos brasileiros trabalham com fósseis de outros países, da mesma forma que vários estrangeiros o fazem com fósseis do Brasil. A burocracia, nesses casos, ajuda a coibir o contrabando", destaca.

Ainda assim, é comum encontrar esses materiais circulando em sites de leilões, coleções particulares ou museus da Ásia, Europa e Estados Unidos. O prejuízo para a ciência brasileira é inestimável. "Sempre que um fóssil é contrabandeado perdemos a oportunidade de projetar nossa ciência internacionalmente, de produzir artigos de impacto, de atrair cientistas para novas parcerias, de conseguir financiamento... Há uma cadeia de valor atrelada ao fóssil, a qual se perde quando ele é traficado do país", afirma o paleontólogo da USP.

Para reforçar suas investigações, o MPF conta também com o apoio de pesquisadores da Urca, que, por meio de fotos, analisam os fósseis contrabandeados e atestam se são do Araripe. Confirmada sua origem, o órgão abre a investigação e aciona os países onde as peças estão. Esse é apenas o primeiro de muitos passos para conseguir repatriá-las. Uma vez lá fora, é difícil dizer como

I As mineradoras no Araripe devem comunicar o achado de novos fósseis à ANM. No entanto, como há poucos fiscais na região, é difícil saber o que encontram e nas mãos de quem isso vai parar

III Os contrabandistas enviam os fósseis para o exterior pelos principais portos do país, dentro de contêineres no meio de outros materiais, dificultando sua identificação pelos fiscais alfandegários

FOTOS 1 MUSEU DE PALEONTOLOGIA PLÁCIDO CIDADE NUVENS 2 WIKIMEDIA COMMONS 3 RODRIGO ARGENTON / WIKIMEDIA COMMONS
INFOGRÁFICO ALEXANDRE AFFONSO FOTOS GETTY IMAGES

e quando saíram do Brasil. Os museus e particulares alegam que elas integram suas coleções há muito tempo, insinuando, com isso, que deixaram o Brasil antes da legislação de 1942. "Ocorre que a extração de fósseis no Araripe não era comum à época", destaca Pêgas. Tampouco existe uma lei internacional que obrigue a devolução desses materiais. O que há são convenções, das quais nem todos os países são signatários. "Apelamos muitas vezes para o princípio da reciprocidade, em uma negociação muito mais política do que jurídica", comenta Rayol. Seria mais fácil investir em fiscalização para evitar que os fósseis saíssem do país. O Araripe contava com um escritório da ANM, que colaborava na fiscalização. Em outubro de 2018, o governo federal decidiu transferi-lo para Fortaleza. A reportagem tentou contato com a ANM para saber os motivos, mas não obteve resposta.

Para emitir os laudos para o MPF, os pesquisadores estudam as rochas em que os fósseis estão preservados. No caso do Araripe, placas de calcário de tonalidade acinzentada, creme e amarelada, com pequenos fragmentos de algas e, não raro, detritos de manganês. Um dos responsáveis pelas análises, Antônio Saraiva há quase duas décadas atua no combate ao tráfico na região, por meio de denúncias e da elaboração de laudos técnicos para o MPF. "De tempos em tempos me ligam para ir ao aeroporto avaliar fósseis apreendidos", diz. Muitas vezes se trata de suvenires adquiridos por turistas desavisados em lojinhas espalhadas pelas cidades próximas às jazidas fossilíferas. "Por muito tempo essas peças eram negociadas livremente na região por coletores locais. Com o aumento da fiscalização e campanhas de conscientização, foi possível reduzir esse comércio", comenta o biólogo.

O principal problema está nas áreas de mineração. Saraiva explica que as jazidas fossilíferas do Araripe estão quase todas em sítios de extração de calcário laminado, um tipo de rocha sedimentar muito usada na fabricação de pisos e revestimentos. A extração dessa rocha começou na década de 1940 e hoje representa um dos mais importantes segmentos econômicos das cidades de Nova Olinda e Santana do Cariri. Ela também é a principal responsável pela descoberta de novos fósseis. "As chances de encontrar materiais interessantes em escavações científicas é muito pequena por lá. Quase sempre, as grandes descobertas se dão a partir de peças encontradas por operários em pedreiras", confirma Langer.

Essa é uma das razões pelas quais o tráfico de fósseis é mais frequente no Araripe. "Os fósseis naquela região estão preservados em lajes de calcário laminado, mais fáceis de serem manipuladas por pessoas não especializadas", explica o paleontólogo Rodrigo Temp Müller, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no Rio Grande do Sul. "Aqui, precisamos escavar blocos de outro tipo de rocha, arenitos ou lamitos, engessá-los, levá-los para o laboratório e prepará-los para extrair o fóssil. Esse trabalho acaba dificultando a ação de contrabandistas." Isso não significa que não existam fósseis importantes do Sul em museus do exterior. O caso mais famoso é o de um dos dinossauros mais antigos conhecidos, *Staurikosaurus pricei*, coletado em Santa Maria em 1937 – antes, portanto, da legislação de 1942 –

1

2

É comum encontrar fósseis de peixes em escavações no Araripe

O PAPEL DOS PERIÓDICOS

As revistas científicas também estão se engajando no combate ao tráfico internacional de fósseis, recusando-se a publicar artigos com base em materiais de origem ilícita ou coletados de maneira antiética. A mudança se deu recentemente, após denúncias de que a compra de fósseis preservados em âmbar – resina fossilizada de árvores – extraídos em Mianmar, no Sudeste Asiático, estaria financiando conflitos étnicos na região. Como o Brasil, Mianmar conta com leis que proíbem a exportação de fósseis. Ainda assim, o contrabando desses materiais segue aquecido no país. Estima-se que 321 novas espécies foram descritas em 2018 por pesquisadores estrangeiros com base em fósseis raros preservados em âmbar mianmarense.

Em abril de 2020, a Sociedade de Paleontologia de Vertebrados (SVP), nos Estados Unidos, enviou uma carta a editores de vários periódicos pedindo que reconsiderassem a publicação de artigos baseados em fósseis retirados de áreas em conflito. Vários incorporaram as recomendações, caso do *Journal of Systematic Palaeontology*, que disse que não irá considerar contribuições contendo materiais obtidos de forma ilegal ou fraudulenta e que os espécimes descritos na revista devem ser mantidos em repositórios públicos, para maximizar a reprodutibilidade dos achados. "Esse é um passo importante para que as revistas assumam um papel mais ativo na garantia de altos padrões éticos e legais", disse a *Pesquisa FAPESP* a paleobióloga britânica Emma Dunne, da Universidade de Birmingham, no Reino Unido. "Muitas ainda fecham os olhos para espécies de procedência questionável."

Pesquisadores brasileiros esperam que a recomendação se estenda também aos artigos sobre fósseis contrabandeados do país. É possível que isso já esteja acontecendo. Vários dos pesquisadores ouvidos na reportagem sugerem que é pouco provável que os autores da descrição de *U. jubatus* tenham escolhido a *Cretaceous Research*, uma revista relativamente pequena, como primeira opção para a publicação do artigo. A suspeita é de que outras, mais consagradas, tenham recusado o manuscrito por ele não ter sido suficientemente claro sobre a procedência do fóssil.

3

Fósseis de rã do período Cretáceo e de besouro não identificado preservados em âmbar de Mianmar

e levado para o Museu de Zoologia Comparada da Universidade Harvard, nos Estados Unidos.

Pinheiro explica que a extração de pedras é permitida no Araripe; a de fósseis, não. "Como essas duas atividades, uma lícita e a outra ilícita, misturam-se, por lei, as mineradoras devem sempre comunicar novos achados à ANM", diz. Mas, na prática, nem sempre é o que acontece. "Como a fiscalização é frouxa, é difícil saber o que encontram e nas mãos de quem isso vai parar."

Uma das redes de contrabando no país, envolvendo empresários donos de mineradoras, servidores públicos, atravessadores e pesquisadores brasileiros e estrangeiros, foi denunciada em fins de 2020. Em outubro, após quatro anos de investigação, a PF cumpriu 19 mandados de busca e apreensão, dois deles no gabinete e na casa do geólogo Ismar de Souza Carvalho, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O pesquisador é investigado por supostamente financiar operários de pedreiras do Araripe para que, em vez de comunicarem o achado de novos fósseis à ANM, repassassem o material para ele comprar. Na operação foram apreendidas várias peças possivelmente contrabandeadas. A reportagem contatou Carvalho, que não foi preso na operação. Por e-mail, ele disse que, "por se tratar de uma discussão em fase de análise judicial, não é adequado nenhum pronunciamento no momento".

Segundo a investigação, os fósseis contrabandeados no esquema eram enviados para fora do país pelos portos, sobretudo os de São Paulo e do Rio de Janeiro, dentro de contêineres no meio de outros materiais, dificultando sua identificação pelos fiscais alfandegários. Recentemente, a polícia francesa interceptou mais de mil fósseis do Araripe em um carregamento de pedras de quartzo. O destinatário era a Eldonia, a mesma empresa que tenta impedir a repatriação do pterossauro e dos outros 45 fósseis do Araripe. Outro caso é o de 13 fósseis de um tipo de réptil aquático chamado mesossauro traficados de São Paulo e apreendidos na França em 2006.

As peças que são recuperadas representam uma pequena fração dos fósseis brasileiros pelo mundo. Para o paleontólogo Alexander Kellner, diretor do Museu Nacional da UFRJ, esse problema poderia ser mitigado se fosse exigido das mineradoras pelo menos um técnico em paleontologia em suas equipes, para que recolha esses materiais e os encaminhe para o museu local. "Não adianta apenas pedir a devolução dos fósseis contrabandeados. Precisamos investir no aprimoramento da infraestrutura dos nossos museus, na formação dos nossos pesquisadores e, claro, na intensificação da fiscalização." ■

FOTOS 1 E 2 ALINE M. GHILARDI (UFRN) 3 XING, L., STANLEY, E.L., BAI, M. *ET AL.* / WIKIMEDIA COMMONS

EM BUSCA DE MÉTRICAS MAIS REFINADAS

Novos indicadores procuram desvendar tendências e estabelecer comparações mais precisas ao avaliar dados quantitativos de produção científica

Fabrício Marques

Um artigo publicado em fevereiro na revista *Scientometrics* apresentou uma ferramenta computacional que pode ter utilidade na avaliação da produção científica de pesquisadores. Trata-se de um algoritmo capaz de coletar informações sobre o conjunto de *papers* de determinado autor e analisar, por exemplo, até que ponto essa produção está engajada nos temas quentes de sua disciplina ou como ela repercutiu, gerando citações em outros trabalhos, em relação a de colegas com interesses semelhantes. Os autores do manuscrito, o engenheiro de materiais Edgar Dutra Zanotto, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), e o estudante de computação da universidade Vinícius Carvalho, desenvolveram o algoritmo para compilar e processar dados de dois indicadores fornecidos pela SciVal, plataforma analítica vinculada à base de dados Scopus, da editora Elsevier.

Um deles é o Field-Weighted Citation Index (FWCI), que avalia as citações de um artigo, comparando-as com as de outros *papers* com palavras-chave semelhantes e da mesma idade. O índice pondera o quanto esse trabalho foi mais ou menos citado em comparação com a média dos congêneres. Se o resultado for igual a 1, significa que está exatamente na média – se for superior, sua repercussão é maior. A vantagem da metodologia é que ela permite comparar estudos de qualquer área do conhecimento, ponderando sua posição em relação aos do mesmo assunto. Outros indicadores de impacto científico não permitem esse tipo de analogia, porque cada disciplina tem práticas de publicação peculiares e comunidades de tamanhos distintos, que influenciam a intensidade com que suas pesquisas são citadas sem que isso represente uma diferença de impacto e visibilidade.

O segundo indicador é o Topic Prominence Percentile (TPP), que mostra o quanto os temas de um artigo estão sintonizados com os assuntos mais discutidos no momento em seu campo do conhecimento. A taxa de proeminência é calculada a partir da ponderação do número de citações que o *paper* recebeu nos últimos dois anos, o fator de impacto da revista em que foi publicado e o número de visualizações que teve na internet. Seu conteúdo é cotejado com uma espécie de ranking dos tópicos de pesquisa, feito também a partir de padrões de citação, sugerindo o quanto ele converge para os assuntos que mais vêm interessando aos editores de periódicos ou atraindo financiamento de agências de fomento. "O problema é que, para calcular o desempenho global de um pesquisador, é preciso pegar cada publicação individualmente, o que toma muito tempo. O software que desenvolvemos coleta, dentro da base Scopus, o FWCI e o TPP do conjunto de *papers* de um autor e busca fornecer um retrato abrangente de sua produção", explica Zanotto.

Um teste preliminar do algoritmo feito com a produção de um pesquisador que publicou 226 artigos desde 2000 foi concluído em apenas 35 minutos. Alguns resultados foram curiosos. O FCWI do conjunto de trabalhos mais recentes era muito semelhante ao do conjunto dos mais antigos, um sinal de que a ponderação feita pelo índice corrigiu distorções e registrou desempenho estável daquele cientista. Também se observou que a produção feita em colaboração internacional está correlacionada com um FWCI mais elevado e que a sua taxa de proeminência era alta. Em seguida, o software avaliou a produção de 15 pesquisadores seniores, nível 1A no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – entre 30 e 50 anos de carreira –, e de 12 jovens pesquisadores prolíficos, selecionados de diferentes áreas, como química, física, astronomia, matemática, biologia, materiais. Constatou-se que praticamente todos da amostra tinham FWCI médio acima de 1. Foi realizada uma segunda análise, normalizando os artigos segundo a quantidade de autores de cada um deles. Dessa forma, dois pesquisadores seniores da área de matemática, que assinaram seus trabalhos com apenas dois ou três colegas, continuaram com o FWCI acima de 1 e ultrapassaram os demais, de outras áreas, que geralmente compartilham a autoria com mais coautores. "O algoritmo proposto e as métricas resultantes dele fornecem uma nova ferramenta em cientometria", sustenta o pesquisador, referindo-se à disciplina que estuda aspectos quantitativos da ciência.

Líder de um dos principais grupos de pesquisa em nucleação e cristalização de vidros no mundo, Edgar Zanotto coordena desde 2013 o Centro de

MR.COLE / GETTY IMAGES

Pesquisa, Educação e Inovação em Vidros (CeRTEV), um dos Centros de Pesquisa, Educação e Difusão (Cepid) financiados pela FAPESP. Seu engajamento em estudos em cientometria é bissexto – entre os mais de 350 artigos que escreveu, apenas cinco são sobre o tema. O interesse pelo assunto remonta ao início dos anos 2000, quando ele foi membro da coordenação-adjunta de ciências exatas e engenharias da FAPESP. "Naquela época, eu analisava currículos de cientistas e bolsistas o tempo todo e começaram a aparecer uma série de métricas para analisar a produção de pesquisadores, como o índice-h", diz, referindo-se ao indicador proposto em 2005 pelo físico argentino Jorge Hirsh, que combina o número de artigos com a consistência de suas citações e se tornou largamente usado pela facilidade com que é calculado. Em busca de parâmetros mais abrangentes, Zanotto publicou na mesma *Scientometrics*, em 2006, um estudo sugerindo uma forma de classificar pesquisadores baseada em 11 critérios, como prêmios internacionais conquistados, número de artigos publicados em revistas de alto impacto e volume de financiamento em pesquisa obtido de agências de fomento e empresas (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 124*). A ideia serviu para fomentar o debate acadêmico e não chegou a ser adotada em larga escala. Mas Zanotto continua utilizando essa classificação até hoje quando avalia currículos de pesquisadores em projetos e prêmios.

De 2017 a 2019, Zanotto presidiu o Conselho Científico do Instituto Serrapilheira, uma instituição privada de fomento à pesquisa sediada no Rio de Janeiro, e renovou seu interesse por métricas de avaliação. Descobriu quase uma centena de indicadores disponíveis. Há, por exemplo, o índice-g, que aponta quando um pesquisador teve, entre seu conjunto de artigos, alguns altamente citados – particularidade que o índice-h não capta. A proliferação de trabalhos com centenas de autores também levou à criação de índices que ponderam o peso da contribuição de cada um, evitando distorções na comparação com *papers* com poucas assinaturas. No Serrapilheira, Zanotto estudou várias métricas para complementar a análise de projetos de pesquisa do instituto. "A avaliação da produtividade, qualidade e visibilidade de cientistas é relevante, mas muito complexa, e ainda sem uma solução clara, adotada universalmente. Indicadores como o índice-h têm sido utilizados por muitos, mas não todos. Caso não sejam bem entendidos podem e têm causado inúmeras distorções. O FWCI corrige razoavelmente, mas não perfeitamente, tais distorções", explica Zanotto.

A criação de novos indicadores bibliométricos foi impulsionada pelo desenvolvimento da ciência de dados, que permitiu extrair tendências de grandes volumes de informações. Empresas como a Elsevier e a Clarivate, que mantêm respectivamente as bases de dados Scopus e Web of Science, passaram a comercializar serviços de análise da produção científica para gestores, universidades e agências de fomento com métricas cada vez mais refinadas, ainda que a base da maioria delas continue a ser o número de artigos e citações. Sergio Salles-Filho, coordenador do Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação da Universidade Estadual de Campinas (Geopi-Unicamp), que trabalha com a avaliação de produção acadêmica e tecnológica, conta que as análises puderam ser aprimoradas nos últimos anos graças a essas novas métricas. "Os resultados da avaliação ficaram mais calibrados, estabelecendo comparações apropriadas e evitando distorções", afirma. Em um recente relatório de avaliação de três programas da FAPESP (de apoio a pequenas empresas, colaborações internacionais e formação de pesquisadores), Salles-Filho complementou os resultados com dados sobre a taxa de proeminência das pesquisas realizadas, fazendo a ressalva de que um resultado baixo não significa falta de qualidade, mas pode indicar apenas que um tema de pesquisa de grande interesse para o Brasil não está no topo da agenda da comunidade internacional (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 297*).

Além de indicadores que normalizam a contribuição de pesquisadores de acordo com as características de sua disciplina, também ganharam espaço em processos de avaliação as chamadas métricas alternativas, ou altmetrias, que expõem o alcance de artigos científicos na imprensa e em mídias sociais (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 250*). A

base de dados Dimensions, criada em 2018, fornece um índice sintético de altmetria composto por mais de uma dezena de parâmetros, entre citações em blogs, referências em tweets, likes no Facebook ou compartilhamentos na rede social acadêmica Mendeley. "A Dimensions só consegue detectar a repercussão de um trabalho na imprensa ou em redes sociais se ele contiver seu registro DOI [Identificador de Objeto Digital]. Por conta disso, os pesquisadores passaram a incluir o DOI quando divulgam seus estudos no Twitter ou no Facebook", explica Salles-Filho.

Apesar da utilidade dos novos indicadores, persiste o debate sobre até que ponto essas métricas conseguem reconhecer a qualidade de um estudo científico e se têm potencial para substituir a revisão por pares, em que o conteúdo e o grau de inovação e de originalidade da produção de um autor são analisados por pesquisadores de sua área para mensurar o valor de sua contribuição. Para o bioquímico Jorge Guimarães, que presidiu a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) entre 2004 e 2015, indicadores bibliométricos oferecem informações importantes e tornam possível a avaliação de um volume muito extenso de dados. "Mesmo criticadas, essas métricas são cada vez mais usadas pelo segmento acadêmico porque há poucas alternativas. Imagine um pesquisador que escreveu 200 *papers*. Um avaliador vai ler todos eles? Não é viável. Primeiro eu preciso saber quais artigos repercutiram na comunidade científica e receberam mais citações. E quantos não foram citados – se a proporção for alta, esse é um dado relevante", diz Guimarães, que atualmente preside a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii).

Nos anos 2000, a Capes criou o Qualis, sistema de classificação de revistas científicas usado para avaliar a produção dos programas de pós-graduação do Brasil. O sistema está sendo revisto e costuma ser criticado por medir o impacto de um artigo não pelo número de citações que ele de fato recebeu, mas por um parâmetro indireto: o índice de citação do periódico que o publicou. "É uma crítica injusta, porque a avaliação da Capes se debruça sobre o que foi publicado nos quatro anos anteriores e, nesse breve espaço de tempo, o número de citações que cada artigo recebe é pequeno e não serviria como medida de avaliação", afirma.

O matemático e engenheiro Renato Pedrosa, coordenador do programa especial de indicadores da FAPESP, reconhece a utilidade de índices bibliométricos em processos de avaliação, mas considera prudente utilizá-los com parcimônia. "No fundo, todos se baseiam nos mesmos parâmetros: artigos e suas citações. É razoável utilizá-los, por exemplo, quando se vai avaliar a produção de uma universidade ou de um departamento, mas a análise da produção individual de um pesquisador requer detalhamento e cuidado maiores", diz Pedrosa, que é pesquisador do Departamento de Política Científica e Tecnológica da Unicamp. Ele menciona como exemplo o processo de avaliação das universidades e laboratórios do Reino Unido, realizado a cada cinco anos, que, em vez de se debruçar sobre toda a produção acadêmica do período, pede que os pesquisadores selecionem os dois ou três trabalhos mais significativos para que possam ser analisados em profundidade por revisores.

A preocupação está alinhada com o Manifesto de Leiden sobre métricas de pesquisa, concebido nos Países Baixos em 2015, que alerta para o uso indiscriminado dos indicadores na tomada de decisões de universidades e agências de fomento. "Corremos o risco de prejudicar o sistema da ciência com as próprias ferramentas projetadas para melhorá-lo, uma vez que a avaliação é cada vez mais realizada por instituições sem o devido conhecimento sobre as boas práticas e a interpretação adequada de indicadores", afirma o manifesto. Pedrosa também chama a atenção para uma grande limitação dos indicadores bibliométricos, que é a sua incapacidade de avaliar pesquisadores em início de carreira. "Ainda que tenham talento e potencial, jovens pesquisadores não tiveram tempo de produzir artigos e receber citações", afirma. Uma das vantagens do FWCI é que normaliza o número de citações recebidas segundo a idade do *paper*. ■

Artigo científico

ZANOTTO, E. D. *et al.* Article age- and field-normalized tools to evaluate scientific impact and momentum. **Scientometrics**. 25 fev. 2021.

MR.COLE / GETTY IMAGES

SEMENTES DA INOVAÇÃO

Prêmio reconhece projetos de alunos de escolas públicas que buscam resolver problemas concretos da sociedade

Carla Aranha

O estudante Ud Madeiro Pereira, de 16 anos, que mora em um sítio nos arredores da cidade de Cascavel, no Ceará, observou que muitos trabalhadores rurais de sua vizinhança tinham dificuldade de obter boa produtividade na lavoura por falta de máquinas adequadas – a maioria, sem recursos para comprar ou alugar tratores ou semeadores, seguia arando e plantando com as próprias mãos. Aluno do 1º ano do ensino médio da Escola Estadual de Educação Profissional Edson Queiroz, Pereira propôs uma solução. Ele desenvolveu, em parceria com as colegas Jamilly Lima e Ana Beatriz Fonseca, um pequeno robô sobre rodas, movido a energia solar e controlado por plataformas de automação Arduíno, capaz de percorrer o solo a uma velocidade de 3 quilômetros por hora aplicando sementes. “Construímos um sistema em que é possível definir a quantidade de sementes a serem plantadas e a distância entre elas”, diz Pereira.

Com um custo de cerca de R$ 3,5 mil, o protótipo utilizou peças de sucata de carros e motocicletas e baterias usadas de notebook. Foi batizado de Vespertílio, referência a um tipo de morcego conhecido por dispersar sementes dos frutos de que se alimenta. Supervisora do projeto, Thayane Rabelo Braga Farias, professora de engenharia de alimentos e do curso técnico de agroindústria do colégio estadual, achou a ideia tão interessante que inscreveu o robô no prêmio Respostas para o Amanhã, uma iniciativa global da Samsung, voltada a alunos do ensino médio de escolas públicas de todo o país que criam soluções para problemas locais. As inovações reconhecidas pelo prêmio precisam ser fruto de experimentações científicas ou tecnológicas e gerar benefícios concretos para a sociedade.

O robô idealizado por Pereira chamou a atenção da comissão julgadora e ficou em 1º lugar na premiação de 2020, anunciada em novembro em um evento realizado pela internet, por causa da pandemia. Além dos três primeiros colocados escolhidos pela comissão julgadora, há outros três eleitos por júri popular – todos fizeram parte de uma lista de 10 finalistas, que receberam como prêmio produtos da Samsung, como notebooks, tablets e celulares. "Os jovens de Cascavel perceberam uma dificuldade nas condições de trabalho locais e desenvolveram um maquinário sustentável, feito com materiais recicláveis como peças de carros e motos", explica Isabel Costa, gerente de Cidadania Corporativa da Samsung Brasil. O projeto já havia chamado a atenção mesmo antes da conquista. Em parceria com amigos engenheiros de sua cidade, o estudante criou uma empresa para fabricar o robô semeador em larga escala. O projeto foi aceito no processo de seleção da aceleradora de startups do governo do Ceará. "Devemos passar algumas semanas em Fortaleza trabalhando no projeto e o resto será feito por videoconferência", diz Pereira. Questionado, disse não se considerar novo para virar empreendedor. "Temos um bom projeto, de cunho social e sustentável, que pode melhorar a vida de muita gente."

O prêmio Respostas para o Amanhã foi lançado pela Samsung em 2010, a princípio como um projeto-piloto direcionado a estudantes dos Estados Unidos. Em 2014, a premiação ganhou uma edição brasileira, por meio de uma parceria com o Centro de Estudos e Pesquisas em Educação, Cultura e Ação Comunitária (Cenpec), organização da sociedade civil com sede em São Paulo que apoia o aprimoramento do ensino público. "Concursos como o Respostas para o Amanhã têm o poder de ativar o interesse pela ciência e estimulam o exercício do raciocínio lógico, o que é fundamental para o desenvolvimento dos adolescentes", afirma Ana Cecília Chaves Arruda, coordenadora de programas e projetos do Cenpec e responsável pela supervisão técnica do prêmio.

Robô construído por estudantes do Ceará com materiais recicláveis ajudou a aumentar a produtividade nas lavouras locais

REPRODUÇÃO

A estudante Thafynys Mello, de Pernambuco, criou um biorrepelente contra o *Aedes aegypti*

Um dos objetivos da iniciativa é inspirar os professores das áreas de ciências da natureza, matemática e tecnologia que orientam os projetos dos estudantes. No portal do prêmio, há uma "sala dos professores", com cursos e orientações para conectar os projetos e currículo escolar. Um banco de práticas educativas, composto por projetos realizados em edições anteriores, também ajuda a orientar os alunos. A Samsung ainda oferece ao público outra plataforma gratuita de ensino de tecnologia, o Code IoT, com seis cursos sobre internet das coisas e atividades voltadas à programação e eletrônica básica, com treinamentos on-line de seis semanas.

No ano passado, alunos de escolas do Nordeste se destacaram entre os finalistas. "Trata-se de uma coincidência. Há jovens com imensa capacidade em cada canto do país", afirma Arruda. Um dos vencedores no júri popular foi o projeto da aluna Thafynys de Santana Melo, de Ipojuca, no interior de Pernambuco. Ela e quatro colegas se reuniram para criar um biorrepelente para ser usado em difusores elétricos. "Na região, há muitos casos de doenças como dengue, zika e chikungunya, transmitidas por insetos, e poucos têm condições de comprar repelentes", diz Thafynys, de 16 anos, aluna do 1º ano do ensino médio. "Meu irmão de 13 anos já foi internado com dengue e para minha família foi um susto muito grande", conta.

O grupo desenvolveu um composto à base de canela e hortelã, que se mostrou eficiente contra o mosquito *Aedes aegypti*, transmissor de dengue, zika e chikungunya, após uma série de experimentos com diversas plantas consideradas repelentes naturais, como o manjericão, a citronela e o alecrim. "Por concentrar ácidos que eliminam as larvas do mosquito, decidimos que a canela seria um dos principais componentes do repelente", diz a estudante. Depois de vários testes, foi acrescentada a hortelã. O grupo de alunos realizou ensaios *in vitro* e, com resultados positivos, desenvolveu o produto. Agora, buscam uma instituição parceira para levar a pesquisa adiante. Como não podiam frequentar a escola por causa da pandemia, os estudantes conduziram o projeto na casa de Thafynys, onde montaram um laboratório com peças que eles mesmos desenvolveram. O destilador foi criado com garrafas PET recicladas, papelão e um cano de PVC. O difusor, onde o repelente precisava ser testado, utilizou latinhas de refrigerante recicladas. "Os alunos deram um exemplo de criatividade e dedicação", comenta o professor Carlos José de Souza Júnior, que orientou o grupo.

Desde 2014, mais de 160 mil estudantes e 15 mil professores de 5.336 escolas já participaram do concurso. As inscrições costumam acontecer todo início de ano e são abertas inclusive para escolas rurais e de comunidades indígenas. Um grupo de 80 avaliadores, reunidos pelo Cenpec, acompanha o processo de seleção. Cada projeto é avaliado e reavaliado nas etapas iniciais por pelo menos quatro profissionais, entre pesquisadores, professores universitários e especialistas renomados. São então escolhidos 20 finalistas, que recebem mentoria do Cenpec. Uma rodada final de avaliação define os 10 finalistas.

Os estudantes que chegam até essa fase precisam fazer um vídeo de alguns minutos apresentando o projeto de forma clara e objetiva, como em um *pitching*, quando criadores de startups buscam convencer possíveis investidores sobre a relevância de sua criação. "Nesse ponto do processo, o objetivo não se restringe a preparar os alunos para seu futuro profissional, seja ele qual for", diz Arruda. "Para nós, o essencial é que

eles possam apresentar inovações de uma forma acessível a todos, o que exige uma boa organização do pensamento e da linguagem." Na fase final, um comitê de especialistas e o júri popular escolhem os melhores projetos. "Assim, damos ainda mais transparência ao prêmio e abrimos oportunidades aos alunos", afirma.

Concursos como esse ativam o interesse pela ciência e o raciocínio lógico dos adolescentes, diz Ana Cecília Arruda, do Cenpec

Outros projetos finalistas de 2020 foram de temas como tratamento de água e remoção de poluentes. Um grupo de alunos do Instituto Federal de Pernambuco, no Recife, utilizou um material à base de grafeno para desenvolver um processo de remoção de corantes químicos da indústria de couro que poluem rios – o projeto ficou em 3º lugar na seleção da comissão avaliadora. "São projetos bastante diferentes entre si, que demostram a dimensão do potencial dos alunos", diz Isabel Costa, da Samsung.

O estudante Francisco Fernando Café, de 18 anos, também se inspirou em um problema da cidade onde vive para conduzir seu projeto, agraciado com uma premiação do júri popular. Café cursa o segundo ano do ensino médio da escola estadual Tristão de Barros, de Currais Novos, no Rio Grande do Norte, que já havia se destacado em 2014 ao vencer a primeira edição do prêmio. A cidade do sertão nordestino tem temperaturas altas em boa parte do ano. "Muita gente sofre com o calor intenso", explica Café. Junto com dois outros alunos de sua escola, ele criou uma telha térmica, feita com gesso, palha de coqueiro e pó de madeira, que conseguiu resfriar o ambiente em até 2 graus Celsius a mais do que as telhas comuns. O material é revestido com plástico derretido de garrafas PET. Tudo foi feito na residência de Café, já que os alunos estavam impossibilitados de frequentar a escola. Os estudantes construíram pequenas paredes no quintal para simular uma casa. Por cima, foram colocadas as telhas. O projeto foi sendo aprimorado até chegar à composição final, sob orientação de Vanessa Cristina de Medeiros, professora de química.

"Cumprimos o objetivo de desenvolver uma telha sustentável e mais eficiente do que as de argila, que são produzidas na região", diz Medeiros. "Os produtos à base de argila não são bons isolantes térmicos e causam problemas ambientais, já que para a fabricação do material exigem-se a coleta e a queima de lenha para aquecer os fornos, liberando grande quantidade de gás carbônico na atmosfera", explica. Café ainda não decidiu qual curso vai fazer. Suas opções vão de engenharia ambiental a medicina, passando por relações internacionais. "Ganhar o prêmio nem é o mais importante, e sim a oportunidade que temos de desenvolver projetos científicos com supervisão e mentoria", conclui o estudante. ■

Alunos do Rio Grande do Norte desenvolveram uma telha térmica que resfria o ambiente até 2 °C a mais que as telhas comuns

REPRODUÇÃO

UMA ORIGEM NATURAL DAS **TERRAS PRETAS DE ÍNDIO?**

Estudo polêmico contraria tese dominante de que esses solos escuros e férteis da Amazônia se formaram em decorrência de antigos assentamentos humanos

Marcos Pivetta

Um artigo publicado em 4 de janeiro deste ano na revista científica *Nature Communications* questiona uma das ideias consagradas da arqueologia amazônica: a origem antrópica das chamadas terras pretas de índio, um tipo de solo escuro e fértil, pontuado por cacos de cerâmica, encontrado em áreas da região. Há décadas, arqueólogos, antropólogos e cientistas de solo construíram um consenso de que as terras pretas são um resquício do processo de ocupação prolongada promovido por povos pré-colombianos, que viveram na floresta tropical entre alguns milhares de anos atrás e a chegada do conquistador europeu, por volta do ano 1500.

Segundo essa visão dominante, o acúmulo de restos de comida, muitas vezes preparada com o emprego de fogo, de fezes e de outros resíduos orgânicos em setores de antigas aldeias sucessivamente habitadas pelos indígenas levou, ao longo de décadas ou mesmo centenas de anos, à formação desse tipo de solo enegrecido. Ricas em carbono pirogênico (também denominado carvão vegetal, *black carbon* ou biochar, originado pela queima de materiais orgânicos), as terras pretas de índio são, de acordo com essa interpretação, um subproduto da presença humana e do adensamento demográfico em faixas da Amazônia em tempos pré-colombianos.

Porém, depois de analisar um sítio com terra preta, o do Caldeirão, no Amazonas, um grupo de 14 pesquisadores do Brasil, Estados Unidos e Reino Unido propôs uma hipótese alternativa para explicar a gênese desse tipo de solo. Os autores do estudo argumentam que ele se formou entre 8 mil e 4 mil anos atrás de maneira natural, sem a interferência humana, em razão da deposição de sedimentos ricos em elementos químicos, como fósforo, cálcio e carbono pirogênico, provenientes de outras áreas da região. Eles dizem que cinzas de composição química similar a antigos megaincêndios florestais indicam que o carbono e minerais foram transportados para o sítio com os sedimentos. "Para mim, antes de fazer esse trabalho, a questão da origem antrópica das terras pretas estava resolvida", diz o cientista ambiental brasileiro Lucas Silva, da Universidade de Oregon, nos Estados Unidos, primeiro autor do artigo. "Mas, diante dos dados surpreendentes que encontramos no Caldeirão, não conseguimos explicar sua formação pelo processo de ocupação humana pré-colonial."

A reação da comunidade de arqueólogos, antropólogos e mesmo de alguns cientistas de solo à ideia de que a terra preta não tem origem antrópica foi forte. Duas respostas ao trabalho, assinadas, respectivamente, por 45 e 49 pesquisadores do Brasil e do exterior, foram publicadas nos repositórios de artigos científicos EarthArXiv e SocArXiv e endereçadas à *Nature Communications*. "Eles trabalharam com apenas um sítio, requentaram uma hipótese antiga, da década de 1970, e ignoraram muita informação e o contexto arqueológico das terras pretas", comenta o engenheiro-agrônomo Wenceslau Geraldes Teixeira, da Embrapa Solos, do Rio de Janeiro. Estudioso dos férteis solos escuros da Amazônia, Teixeira inicialmente fez parte do grupo que produziu o polêmico artigo, embasado por um trabalho de quase uma década se forem somadas as fases de campo, de análises laboratoriais e de interpretação dos dados. "Não concordei com as conclusões do estudo e preferi não fazer parte da lista de autores", esclarece Teixeira.

Para o arqueólogo Eduardo Góes Neves, do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP), as conclusões do artigo estão erradas, embora considere relevante o debate científico sobre a origem das terras pretas. "Para que a deposição de sedimentos tivesse ocorrido da forma que eles descrevem no Caldeirão, teria de ter havido um enorme alagamento, quase um dilúvio, na área do Solimões. Esse sítio se situa em um barranco, cerca de 30 metros

EDUARDO GÓES NEVES

Camadas de terra preta no sítio de Teotônio, em Rondônia: solo de origem pré-colombiana, pontuado por fragmentos de cerâmica

acima do nível atual do rio", diz Góes Neves, que já estudou esse tipo de solo em vários sítios amazônicos e atualmente faz trabalhos de campo, com financiamento da FAPESP, em Teotônio, em Rondônia, a 25 quilômetros (km) de Porto Velho, onde tem identificado depósitos de terras pretas de mais de 5 mil anos.

O arqueólogo também lembra que há sítios de terra preta longe de rios com carga de sedimentos, como o sítio Açutuba, que se estende por 900 hectares (ha) e dista 25 km ao norte do Caldeirão, cuja formação, em sua visão, não pode ser explicada pela deposição de material fluvial. Açutuba fica sobre um barranco de mais de 20 m de altura nas margens do rio Negro, cujas águas atualmente escuras carregam poucos sedimentos, diferentemente das águas barrentas do Solimões. Outro grande sítio pontuado por manchas de solo escuras que apresenta situação geológica semelhante é o de Cipoal de Araticum, em Oriximiná, no Pará, que abrange uma área de 20 ha e está situado entre platôs adjacentes a pequenos córregos e nascentes, incapazes de gerar sedimentos em quantidade significativa.

Os autores do novo artigo, que propõe uma origem natural para as terras pretas do Caldeirão, argumentam que o clima e a geomorfologia da Amazônia Central eram diferentes há cerca de 8 mil anos em relação a hoje e o leito dos cursos d'água estava mais perto da área em que se formaram essas porções escuras de solo fértil. "As condições naturais no passado eram distintas das atuais", diz o engenheiro-agrônomo e ambiental Rodrigo Studart Corrêa, da Universidade de Brasília (UnB), especialista na recuperação de solos, outro autor do polêmico estudo. "Não queremos destruir os estudos dos pesquisadores das terras pretas. Mas é preciso ter a mente aberta e aceitar que a ciência evolui."

Situado no município amazonense de Iranduba, distante cerca de 30 km de Manaus e da confluência dos rios Negro e Solimões, o Caldeirão faz parte de um campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental e é um dos sítios de terra preta mais estudados. Sua área composta por manchas enegrecidas desse solo fértil chega a 23 ha. É grande quando comparada com a extensão média da maior parte das centenas de sítios conhecidos com porções desse tipo de solo, em torno de 1 a 2 ha. Estudos anteriores associam a formação das terras pretas nesse ponto da bacia do Solimões a vestígios de assentamentos humanos que sucessivamente ali se estabeleceram entre 2.500 e 500 anos atrás.

Silva, Corrêa e seus colegas citam um conjunto de evidências que, de acordo com sua interpretação, ampara a visão de que as terras pretas do Caldeirão começaram a se formar pelo processo geológico de sedimentação aluvial — deposição de matéria erodida de rochas decorrente do transbordamento do leito de antigos rios — cerca de mil anos antes da própria chegada do homem à região. Mais tarde, de acordo com os autores, os indígenas poderiam até ter se beneficiado e manejado a fertilidade desses solos, bons para agricultura, mas não seriam os responsáveis, nem mesmo de forma não intencional, por sua gênese.

Os pesquisadores fizeram análises em 300 amostras de terra preta e de argissolo, um tipo de solo pobre e ácido, de cor entre o vermelho e o alaranjado, comum na Amazônia e no sítio do Caldeirão. As amostras foram obtidas em 30 pontos e a profundidades entre 10 centímetros e 1 metro abaixo da superfície. Entre outras medições, eles determinaram a quantidade de fósforo e de cálcio nos solos da região. Concentrações mais elevadas desses dois nutrientes, pouco abundantes na Amazônia, são comumente interpretadas como indicadores de que o solo foi enriquecido pelos despojos de antigas ocupações humanas. Mas os níveis de fósforo e de cálcio medidos nas

amostras de terra preta do Caldeirão ultrapassavam em mais de 10 vezes os verificados nos argissolos vizinhos, números que, segundo eles, não poderiam ser decorrentes da presença de antigas populações pré-colombianas. A assinatura isotópica, a proporção de diferentes variantes de alguns elementos químicos, como estrôncio e neodímio, presentes nas terras pretas, também é similar à verificada em processos de sedimentação fluvial, outra evidência que Silva e Corrêa citam como favorável à proposta de uma origem natural para esse tipo de solo.

A datação de amostras de carbono obtidas de segmentos de terra preta e dos argissolos do Caldeirão indicaria que o início da gênese das férteis manchas escuras encontradas no sítio ocorreu por volta de 7.600 anos atrás, quando não há indícios de que havia aldeias indígenas especificamente na área do sítio arqueológico. "Para demonstrar que essas terras pretas teriam origem antrópica, e não decorreriam de um processo natural, seria preciso ter indicações de que a ocupação humana no Caldeirão foi muito mais antiga e envolveu bem mais pessoas do que hoje se sabe", diz Corrêa. "Nunca consegui entender como as antigas ocupações humanas em um lugar pobre de nutrientes, como a Amazônia, podem ter gerado uma terra escura que se mantém fértil por centenas de anos. O solo tende a empobrecer com a passagem do tempo, ainda mais no atual clima úmido da região Norte."

Os críticos do novo estudo discordam dessas interpretações. Segundo o geomorfólogo italiano Umberto Lombardo, que faz estágio de pós-doutorado na Universidade de Berna, na Suíça, e coordenou a redação da resposta ao artigo de Silva, Corrêa e seus colaboradores, disponível no repositório EarthArXiv, a amostra de carbono do Caldeirão datada de 7.600 anos — proveniente de uma camada de argissolo situada a 90 centímetros de profundidade — não representa um bom parâmetro para aferir a antiguidade mais remota

De acordo com a nova hipótese, a terra preta teria se formado naturalmente, pela deposição de sedimentos de rios

1

2

FOTOS RODRIGO CORRÊA

Amostras de argissolo, um dos tipos de solo predominantes da Amazônia (*acima, à dir.*), e de terra preta de índio, do sítio do Caldeirão, no Amazonas (*ao lado*)

das terras pretas locais. "A idade relevante para se entender o processo de formação das terras pretas é a das partículas de carbono encontradas em suas próprias camadas escuras", ponderou Lombardo, em entrevista a *Pesquisa FAPESP*. O italiano conduz um projeto de pesquisa na região de Llanos de Mojos, na Bolívia, em parceria com Góes Neves. No estudo da *Nature Communications*, uma amostra de carbono proveniente de uma camada da própria terra preta do Caldeirão atingiu 6.300 anos.

Datações realizadas por outros grupos de pesquisa dessas camadas de solo enegrecido do Caldeirão sinalizam um processo de ocupação humana não tão antigo, entre 2.500 e mil anos atrás. Idades semelhantes foram obtidas em datações feitas nas terras pretas do sítio de Hatahara, a menos de 4 km da unidade da Amazônia Embrapa Ocidental. "Os autores do artigo também não levaram em conta a presença dos pedaços de cerâmica encontrados em toda a camada de terra preta do Caldeirão, um vestígio inequívoco associado às ocupações humanas", destaca a arqueóloga Helena Lima, do Museu Paraense Emílio Goeldi, de Belém, que estudou em seu doutorado sítios da Amazônia Central e cerca de 10 anos atrás fez trabalhos no Caldeirão. "Não ignoramos os fragmentos cerâmicos, que são um indicador da presença humana. Mas eles não significam que as populações antigas 'construíram' o solo", rebate Corrêa.

O pano de fundo das discussões sobre a origem das terras pretas – se antrópica, como é a visão corrente, ou natural, como advoga esse novo estudo sobre o sítio do Caldeirão – diz respeito a quando as primeiras populações de *Homo sapiens* se fixaram em pontos da Amazônia e qual era a densidade populacional de seus assentamentos. Nas últimas duas décadas, pesquisas arqueológicas, antropológicas e de paleobotânica traçam um quadro cada vez mais recuado no tempo da presença humana na Amazônia. Sítios, como a

Ricas em carbono e nutrientes, as terras pretas se mantêm férteis por longos períodos, uma característica ainda não compreendida pela ciência

1

2

Caverna da Pedra Pintada, em Monte Alegre, no Pará, apresentam indícios de ocupação de povos pré-colombianos há mais de 11 mil anos. Em abril do ano passado, um grupo de arqueólogos da Universidade Nacional da Colômbia e da Universidade de Exeter, no Reino Unido, publicou um estudo no periódico *Quaternary International* em que sítios com pinturas rupestres da Amazônia colombiana, na região de Serranía La Lindosa, foram datados entre 12.600 e 11.800 anos. Há também trabalhos sobre domesticação de certas culturas, como milho e mandioca, que situam o início de formas de cultivo de plantas no oeste amazônico entre 10 mil e 5 mil anos atrás, o que pode estar associado a um processo de sedentarização, ainda que parcial.

O tamanho das antigas populações amazônicas é alvo de grandes discussões. As estimativas mais otimistas falam em uma população pré-colonial de 5 a 10 milhões de indígenas que viveria espalhada pela vasta região de floresta tropical antes da chegada dos europeus. "Mas a formação da terra preta não parece ter ocorrido logo após o estabelecimento dos assentamentos mais antigos. Ela é posterior, tanto que raramente sua idade ultrapassa 2.500 anos", explica Góes Neves. "Esse processo deve ter demorado centenas ou milhares de anos e envolvia a ocupação e a reocupação das mesmas áreas por sucessivas populações." No trabalho da equipe coordenada por Silva e Corrêa, os autores citam alguns cálculos e se mostram céticos de que a quantidade de fezes humanas e de restos de plantas e comida cozida produzida pelos indígenas pré-coloniais possa ter originado as terras pretas. "Para essa hipótese ser verdade, teria que ter havido uma população muito maior ou bem mais antiga na Amazônia", rebate Silva. Segundo o pesquisador da Universidade de Oregon, uma ocupação humana em uma área de 50 ha não seria suficiente para explicar a origem das manchas de terra preta.

Os defensores da origem antrópica das terras pretas têm uma explicação para essa (aparente) disparidade. Mil pessoas que ocupam uma área de 50 ha em uma bacia hidrográfica na Amazônia não espalham restos orgânicos por toda essa extensão de terra. Elas concentram seus detritos e resíduos em um pequeno setor do assentamento, de 0,1 ha. Com o passar do tempo, esse protolixão mantido e alimentado por sucessivas gerações dá origem a manchas de solo escuro, extremamente fértil. Essa dinâmica é a ideia mais aceita para explicar o surgimento das terras pretas. Mas, a exemplo da controversa hipótese de uma origem natural para esse tipo de solo amazônico, essa tese dominante também não é isenta de polêmicas. Não se sabe, por exemplo, se os antigos povos indígenas tiveram, em algum momento, a intenção de estimular a produção de terra preta ou se esse tipo de solo simplesmente se formou ao acaso, sem nenhum planejamento, a partir do acúmulo de dejetos. No Parque Indígena do Xingu, no norte de Mato Grosso, o arqueólogo Morgan Schmidt, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), estuda, há quase duas décadas, a relação do atual povo Kuikuro com as terras pretas formadas no passado e suas práticas contemporâneas. "Nossos dados indicam que a terra preta continua sendo produzida de forma intencional até hoje nas aldeias indígenas do Alto Xingu", diz Schmidt, que finaliza um artigo científico sobre essa questão a ser submetido em breve para publicação. ■

Artigos científicos

SILVA, L. C. R. *et al.* A new hypothesis for the origin of Amazonian Dark Earths. **Nature Communications**. 4 jan. 2021.

LOMBARDO, U. *et al.* Evidence confirms an anthropic origin of Amazonian Dark Earths. **EarthArXiv** (*preprint*). 22 jan. 2021.

SCHMIDT. M. J. *et al.* Archaeology and ethnography demonstrate a human origin for Amazonian Dark Earths. **SocArXiv** (*preprint*). 14 fev. 2021

FOTOS 1 AIKAX 2 FRANCISCO JAVIER ACEITUNO BOCANEGRA

Acima, aldeia dos Kuikuro, no Alto Xingu, onde estudos tentam entender a relação dos povos indígenas atuais com a terra preta. Ao lado, pintura rupestre em sítio de Serranía La Lindosa, na Amazônia colombiana, com cerca de 12 mil anos de idade

MUNDO **2D** FAVORECE FUSÃO NUCLEAR

Em sistemas bidimensionais, a chance de átomos de hidrogênio se fundirem e gerar energia é 1 bilhão de vezes maior

Marcos Pivetta

A reação que alimenta o Sol e as estrelas ocorreria com mais facilidade em um ambiente similar a uma folha de grafeno

Em um cenário em que existem apenas duas dimensões em vez de três e, no lugar de elétrons, o núcleo de átomos de hidrogênio é orbitado por múons – partículas elementares com carga elétrica negativa semelhante à dos elétrons, mas 207 vezes mais pesadas –, a chance de ocorrer reações de fusão nuclear aumenta em cerca de 1 bilhão de vezes. Os cálculos constam de um estudo teórico publicado em dezembro de 2020 por pesquisadores do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj) na revista científica *The European Physical Journal D*. "No mundo bidimensional, a taxa de fusão nuclear se eleva de maneira fantástica", comenta o físico de partículas Francisco Caruso, do CBPF, principal autor do trabalho. Mais do que usar múons no lugar de elétrons, seria essa alteração espacial a responsável por tornar o processo, ao menos nas contas dos cientistas, aparentemente mais viável, talvez até a temperatura ambiente.

Processo usado por estrelas como o Sol para gerar sua energia, a fusão é estudada há mais de 80 anos como uma possível forma alternativa de criar eletricidade de maneira segura e sustentável, com pequena produção de rejeitos e baixa radioatividade, diferentemente da fissão (quebra) nuclear empregada nas atuais usinas atômicas. No centro das estrelas, submetidos a temperaturas de 15 mil graus Celsius e a gigantescas pressões, os núcleos de dois ou mais átomos de hidrogênio, o elemento químico mais leve da tabela periódica, fundem-se e geram um átomo ligeiramente mais pesado, de hélio. No final do processo, há liberação de energia. Isso ocorre porque o peso do átomo de hélio é ligeiramente menor do que a soma da massa dos dois átomos de hidrogênio. Essa diferença faz com que uma pequena quantidade de massa escape da estrela a altas velocidades e produza energia – tal como mostra a famosa equação de Einstein $E = mc^2$ (energia é igual à massa multiplicada pelo quadrado da velocidade da luz).

Até agora, no entanto, não se encontrou uma forma economicamente viável de reproduzir essa reação na Terra. Em todos os reatores experimentais construídos, no interior dos quais circula um plasma (estado da matéria similar a um gás dotado de partículas com carga elétrica) superaquecido submetido a um intenso campo magnético, a energia necessária para promover a fusão é sempre maior do que a liberada no fim do processo. As condições especiais simuladas no novo trabalho podem apontar um caminho alternativo, ainda que a construção de um aparelho ou dispositivo de fusão nuclear capaz de explorar as peculiaridades físicas de um ambiente bidimensional seja um desafio para a engenharia. "Apesar de ainda não existir um equipamento dedicado a observar essa reação em sistemas de duas dimensões, o acelerador de partículas do Canadá, o Triumf, já utiliza alvos muito finos que são empregados para estudar a fusão catalisada por múons", comenta o físico Felipe Carvalho, um dos autores do estudo, que faz doutorado sob orientação de Caruso e Vitor Oguri, da Uerj.

Desde o final dos anos 1940, físicos sabem que a fusão entre as chamadas moléculas ou átomos muônicos, em que essa partícula mais pesada toma o lugar do elétron, é mais frequente do que em sua versão convencional. Quando o múon assume o papel do elétron, o átomo formado é muito mais denso. A distância entre seu núcleo, onde ficam os prótons e os nêutrons, e seu entorno habitado pelos múons é cerca de 200 vezes menor do que no átomo constituído com elétrons. Essa peculiaridade permite que os átomos muônicos fiquem bem mais perto uns dos outros e apresentem naturalmente um potencial mais elevado de fusão. No entanto, sozinha, essa maior predisposição a promover esse tipo de reação não é suficiente para vencer o empecilho clássico da fusão com átomos tradicionais, dotados de elétrons: a viabilidade econômica. Também no caso da fusão catalisada por múons, o gasto de energia para estimular o processo é maior do que a geração. Os múons são extremamente instáveis (duram cerca de 2 milissegundos) e sua produção e injeção em um sistema são dispendiosas.

De acordo com o estudo dos físicos do CBPF e da Uerj, essa limitação dos átomos muônicos de hidrogênio pode ser contornada se a fusão for estimulada em um sistema bidimensional em vez de no tradicional mundo tridimensional. No mundo em 2D, a predisposição à ocorrência dessa reação seria uma particularidade decorrente dessa arquitetura espacial mais restrita em que os átomos de hidrogênio muônico seriam mantidos. Nesse caso, as propriedades físico-químicas da matéria sofreriam um efeito semelhante ao apresentado pelos chamados materiais bidimensionais, como as folhas de grafeno e de seus derivados.

A exemplo do grafite e do diamante, o grafeno é composto apenas de átomos de carbono. O que lhe confere propriedades muito distintas das exibidas por esses dois materiais tridimensionais é sua estrutura hexagonal, formada por colmeias de carbono interligadas com a espessura de um átomo desse elemento químico. "Nosso estudo sugere que, do ponto de vista teórico, um sistema bidimensional, similar a uma folha de grafeno, poderia produzir fusão de átomos muônicos de hidrogênio de uma forma muito eficiente", diz Caruso.

Para Ricardo Galvão, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF-USP), o artigo de seus colegas do Rio de Janeiro apresenta um resultado básico muito importante e, em princípio, abre a possibilidade de se utilizarem sistemas bidimensionais em experimentos de fusão catalisada por múons. "Mas a aplicação prática desse resultado não é trivial e envolverá estudos e desenvolvimentos muito mais aprofundados", comenta Galvão, especialista em física de plasmas. "Em particular, não se sabe como montar um reator com essas 'folhas' muônicas." O físico da USP também explica que, logo após a ocorrência das primeiras fusões, é possível que um hipotético sistema em 2D se "desmonte" em decorrência das reações e passe a ser tridimensional, uma mudança na arquitetura espacial que anularia os eventuais ganhos da estratégia. "Esse é um problema a ser resolvido pelos engenheiros que se interessarem pela questão", diz Caruso. ■

Artigo científico

CARUSO, F. *et al.* A bidimensional quasi-adiabatic model for muon-catalyzed fusion in muonic hydrogen molecules. **The European Physical Journal D**. v. 74. 8 dez. 2020.

SDO / NASA VIA GETTY IMAGES

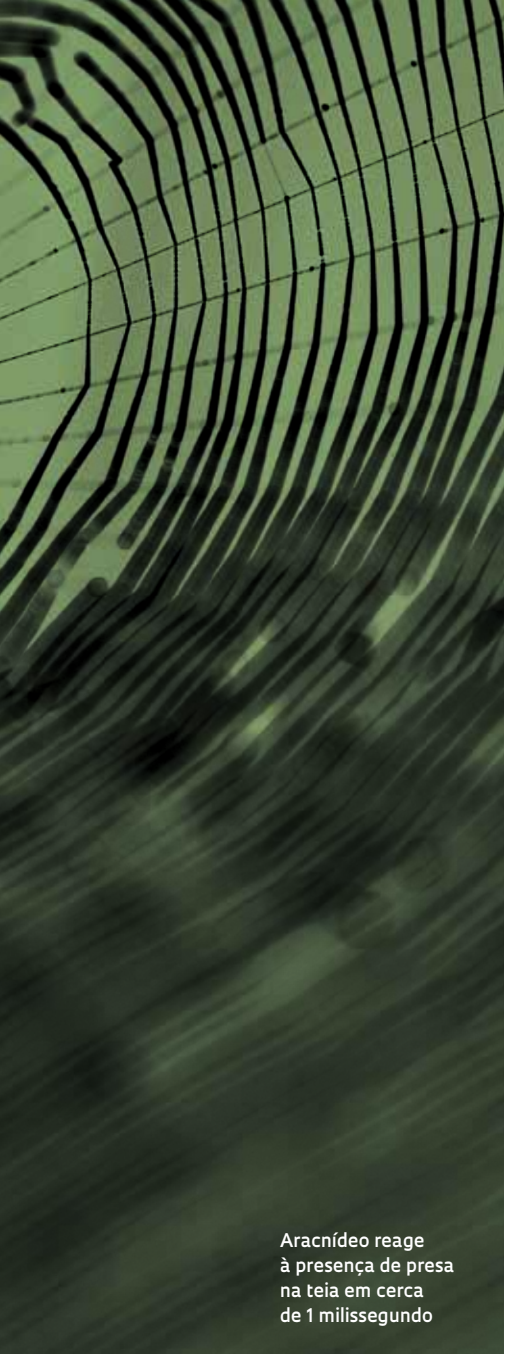
TEIA DE ALGORITMOS

Modelo simula como a aranha capta vibrações em sua trama de fios que indicam localização da presa enredada

Igor Zolnerkevic

O pátio interno do prédio do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) abriga um jardim de arbustos. A sombra e a água fresca do local atraem mosquitos e outros insetos. Vários deles acabam presos em teias de aranhas penduradas em galhos e cantos de paredes do jardim. "Um dia consegui observar quando uma mosquinha grudou em uma teia com uma aranha parada no centro", conta Alexandre Kawano, professor do departamento. "A aranha se moveu e apanhou a presa, rápida como um raio."

A admiração de Kawano pelos reflexos das aranhas só vem aumentando, desde que iniciou, em 2017, uma colaboração com o engenheiro e matemático Antonino Morassi, da Universidade de Udine, na Itália, para entender os princípios físicos fundamentais da propagação de vibrações em teias de aranha, questão não totalmente compreendida. Morassi e dois engenheiros espanhóis, Ramón Zaera e Alejandro Soler, da Universidade Carlos III, de Madri, desenvolveram uma representação teórica da mecânica da teia. Com o italiano, o brasileiro criou um algoritmo para reconstruir as forças que agem na teia. Esses trabalhos sinalizam que pequenas vibrações dos fios são suficientes



Aracnídeo reage à presença de presa na teia em cerca de 1 milissegundo

ALBERT FERTL / GETTY IMAGES

para a aranha descobrir a localização e o tamanho das presas. "Nossos estudos adotam intervalos de tempo da ordem de 1 milissegundo para que a aranha detecte a presa", comenta Kawano, que, com apoio da FAPESP, desenvolve pesquisas sobre nanoplacas em colaboração com Antonino. "É mais ou menos o tempo de reação medido em experimentos."

A partir dessa representação teórica da teia, Kawano e Morassi criaram um modelo matemático para explicar como a aranha detecta e captura a presa. As primeiras conclusões desse trabalho foram publicadas em dezembro de 2019, em artigo no periódico *SIAM Journal on Applied Mathematics*. Desde então, Zaera juntou-se à pesquisa da dupla para validar numericamente os resultados e fornecer informações sobre teias reais. Recentemente, a equipe teve um artigo aceito para publicação na edição de abril da revista *Mechanical Systems and Signal Processing*, no qual tentam explicar como a falta de rigidez nos suportes que sustentam uma teia afeta a transmissão de informação sobre as presas.

Kawano explica que estudos anteriores, feitos por outros grupos de pesquisa, tentaram modelar como ondas mecânicas se propagariam pela teia, mas eram simples ou complicados demais para gerar conclusões. A teia de aranha, afinal, é uma rede de fios interconectados que espalham por todos os lados as vibrações inicialmente estimuladas apenas em alguns deles. Modelos mais realistas desenvolvidos nos últimos anos recriaram em computador a geometria exata dessa trama natural. Eles conseguem reproduzir a contento o movimento dos fios decorrentes de uma rajada de vento e da captura de insetos. Entretanto, como cada configuração diferente de teia resulta em um modelo distinto, essas simulações são de pouca valia para entender o que engenheiros e matemáticos chamam de problema inverso. Nesse tipo de questão matemática, os pesquisadores usam registros de um efeito de um fenômeno para tentar descobrir sua causa. A partir, por exemplo, de medidas do campo gravitacional da Terra, é possível calcular sua densidade.

No caso da teia de aranha, o problema inverso consiste em determinar o mínimo de dados que uma aranha precisa extrair da estrutura mecânica da trama de fios para obter o mais rápido possível informações úteis sobre sua presa. Foi esse o desafio que interessou tanto a Morassi, estudioso de modelos matemáticos de estruturas, como a Kawano, especialista na matemática de problemas inversos. "Os trabalhos com teias de aranha nos ajudaram a entender melhor como uma quantidade minúscula de informação pode ser usada para deduzir uma propriedade geral de uma estrutura", explica o professor da USP. "Temos desenvolvido teorias gerais para identificar forças em estruturas grandes e complexas feitas de placas e vigas, tais como pontes, aviões, navios e plataformas."

"A modelagem do processo de captura de presas, quando feita com rigor, gera resultados que poderiam ser testados empiricamente", comenta o biólogo Hilton Japyassú, da Universidade Federal da Bahia (UFBA), especialista em comportamento animal. "Os pesquisadores poderiam expandir ainda mais essa linha de trabalho e estudar a mudança de postura da aranha quando tem fome, situação que a leva a tensionar os fios radiais no eixo mais alongado da teia." Em 2017, Japyassú e o biólogo Kevin Laland, da Universidade de St. Andrews, no Reino Unido, propuseram uma teoria controversa sobre a cognição das aranhas tecedeiras, na qual afirmam que a teia não é apenas um instrumento de caça. Segundo a dupla, a mente do aracnídeo consideraria a trama de fios como uma extensão de seus órgãos sensoriais.

O interesse pela relação das aranhas e suas teias não é algo recente. Observações na natureza e estudos mostram que a percepção de mundo desses artrópodes depende principalmente das vibrações mecânicas captadas por suas oito patas. Apesar de ter quatro pares de olhos, as aranhas enxergam mal. Seu olfato e audição também são considerados ruins. Ainda em 1880, o físico inglês Charles Vernon Boys (1855-1944) relatou na revista *Nature* experimentos em que toca teias de aranha com um pequeno diapasão. Boys notou que o som produzido só chamava a atenção do aracnídeo quando o pequeno instrumento metálico era encostado em sua teia e vibrava em certas frequências. As aranhas chegavam a agarrar o diapasão e tentavam comê-lo. Décadas depois, experimentos mais sofisticados revelaram que as patas das aranhas tecelãs têm órgãos sensíveis a vibrações geradas nos fios da teia com frequências entre 10 e 100 hertz. ■

Projeto

Identificação de parâmetros em nanoplacas (nº 19/14827-0). **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Regular; **Pesquisador responsável** Alexandre Kawano (USP); **Investimento** R$ 34.466,50.

Artigos científicos

KAWANO, A. e MORASSI, A. Detecting a prey in a spider orb web. **SIAM Journal on Applied Mathematics**. v. 79, n. 6. 12 dez. 2019.

KAWANO, A. *et al.* The prey's catching problem in an elastically supported spider orb-web. **Mechanical Systems and Signal Processing**. v. 151. abr. 2021. No prelo.

BAIXA NA IMUNIDADE

Mesmo doses modestas de inseticida tornam abelhas mais suscetíveis a infecções bacterianas e aumentam mortalidade

Eduardo Geraque

A exposição contínua de abelhas produtoras de mel da espécie *Apis mellifera* a doses baixas de um tipo de inseticida empregado em lavouras, o tiametoxam, altera o funcionamento de um grupo de 52 genes, desregula o sistema imunológico e as torna suscetíveis a infecções causadas por bactérias que normalmente não lhes são patogênicas. Metade dos genes cuja ativação foi alterada pelo contato contínuo com o agroquímico está associada à produção de proteínas que seriam importantes para as abelhas se defenderem de infecções microbianas. Essa é a conclusão de um estudo publicado em 15 de janeiro na revista *Scientific Reports* por pesquisadores do *campus* de Rio Claro da Universidade Estadual Paulista (Unesp) e de duas universidades britânicas, a de Birmingham e a de Nottingham.

Durante 10 dias, para simular a contaminação das abelhas no campo, o grupo expôs operárias de *A. mellifera* a um alimento com quantidades do inseticida similares às encontradas no pólen e no néctar de plantas expostas ao composto sintético. Posteriormente, as operárias foram infectadas com populações das bactérias *Bacillus badius*, presentes no meio ambiente, ou *Ochrobactrum anthropi*, encontradas no intestino das próprias abelhas. "Testamos em laboratório as respostas de longo prazo deflagradas por baixas doses de tiametoxam", explica a bióloga Pâmela Decio, que desenvolveu o trabalho junto com a equipe de pesquisadores britânicos, durante o doutorado na Unesp, e hoje faz estágio de pós-doutorado na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Os insetos morreram, às vezes em menos de 48 horas. As abelhas que entraram em contato apenas com as bactérias, mas não com o inseticida, foram pouco afetadas e debelaram a infecção. Os insetos não produzem anticorpos e dependem exclusivamente do sistema imunológico inato para combater agentes externos.

O tiametoxam faz parte de uma classe de inseticidas derivados da nicotina, os neonicotinoides, largamente empregada nas últimas três décadas para controlar pragas na lavoura, na forma de *spray* ou para tratar sementes. Diferentemente dos pesticidas de contato, que se concentram na parte superficial (como as folhas) da planta tratada, os neonicotinoides apresentam ação sistêmica. Os cultivos os absorvem e esses compostos se disseminam por todas as partes dos vegetais. Desde o início da década passada, os efeitos negativos desse tipo de inseticida em populações de abelhas selvagens e domesticadas, de grande importância para garantir a polinização de culturas agrícolas, têm sido destacados em diversos estudos internacionais.

Em linhas gerais, os trabalhos apontam que altas concentrações de alguns neonicotinoides afetam o sistema nervoso das abelhas e podem provocar paralisia e morte. Em 2013, em razão de crescente evidência científica, a União Europeia restringiu enormemente o emprego dessa classe de inseticida e, em abril de 2018, baniu o uso a céu aberto de três neonicotinoides – imidaclopride, clotianidina e tiametoxam. Em outros países, como Estados Unidos e Brasil, o emprego desses inseticidas não é proibido.

Embora os resultados do estudo dos pesquisadores brasileiros e britânicos tenham sido obtidos em laboratório, e ainda precisem de validação de campo por meio da exposição controlada dos insetos aos agroquímicos, as conclusões do trabalho detalham um dos mecanismos moleculares que estaria por trás dos efeitos deletérios do tiametoxam às abelhas. "Nosso artigo traz revelações importantes sobre como o inseticida impacta a saúde desses insetos e pode ser útil para aumentar a segurança dos agroquímicos", comenta o geneticista molecular Matthias Soller, da Universidade de Birmingham, um dos autores do trabalho.

Além do uso de certos inseticidas ser associado à diminuição da população de abelhas, outros fatores também podem contribuir para essa redução, como o avanço do desmatamento em áreas de mata nativa e o aquecimento global. "Ainda não sabemos qual é a principal causa, mas todas acabam tendo alguma influência", diz Decio.

Apesar de não serem proibidos no Brasil, os neonicotinoides têm sido empregados de uma forma mais racional nos últimos anos nas lavouras nacionais, segundo o zoólogo Osmar Malaspina, da Unesp, orientador do doutorado de Decio e um dos autores do trabalho com o tiametoxam. "No início, as empresas fabricantes dos inseticidas tentaram defender a ideia de que não havia relação entre a morte de abelhas e seus produtos", lembra Malaspina, estudioso do comportamento de insetos sociais. "Mas nossos estudos e de outros grupos mostraram que os inseticidas eram grandes causadores da morte de centenas de colônias em um intervalo de um a dois dias."

O pesquisador da Unesp diz que atualmente a aplicação de agroquímicos por via aérea é feita de forma mais controlada, em doses menores e sem liberar o composto sobre áreas de matas vizinhas às plantações. Lançar o produto longe das matas, a mais de 500 metros, por exemplo, diminui de forma significativa a mortalidade das abelhas. Outra medida que minimiza o impacto dos inseticidas sobre as colônias de abelhas é evitar a pulverização nas horas comumente escolhidas pelos insetos para visitar as lavouras.

"Estudamos a produção de melão em uma região do Nordeste e vimos que as abelhas polinizam os frutos entre 6h e 7h", conta Malaspina. "Os produtores, então, resolveram interromper a aplicação de inseticidas com o emprego de aviões durante o dia e passaram a fazer a pulverização por meio de tratores apenas de madrugada, antes de as abelhas chegarem."

A preservação de insetos vitais para a produção agrícola, como as abelhas, passa por mudanças culturais e estruturais. "Nossa agricultura das grandes *commodities*, como soja, algodão e milho, é toda baseada em grandes extensões de monocultura e o controle de pragas depende, em geral, de aplicações preventivas de produtos químicos", explica a ecóloga Carmem Pires, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, de Brasília. "Praticar os princípios do manejo integrado e usar controle biológico de pragas é o grande desafio que temos de enfrentar nessas áreas." ■

Projeto

Estresse celular e atividade de enzimas biomarcadoras em abelhas africanizadas *Apis mellifera* Lineu, 1758 (Hymenoptera, Apidae) expostas ao tiametoxam (nº 14/23197-7); **Modalidade** Bolsa de doutorado; **Pesquisador responsável** Osmar Malaspina (Unesp); **Beneficiária** Pâmela Decio Horst; **Investimento** R$ 239.601,61.

Artigo científico

DECIO, P. *et al.* Acute thiamethoxam toxicity in honeybees is not enhanced by common fungicide and herbicide and lacks stress-induced changes in mRNA splicing. **Scientific Reports**. v. 9. 2019.

LOS ANGELES EXAMINER/USC LIBRARIES/CORBIS VIA GETTY IMAGES

ROBÔS

LÉO RAMOS CHAVES

QUE AJUDAM A ANDAR

Equipamentos em desenvolvimento no país apoiam a reabilitação de pacientes com mobilidade limitada

Domingos Zaparolli

Exoesqueleto robótico projetado por pesquisadores da Escola de Engenharia de São Carlos da USP

Projetos em desenvolvimento em centros de pesquisas universitários e em uma startup paulista têm potencial de atender a uma demanda latente no país por aparelhos robóticos direcionados à mobilidade de pessoas com restrições motoras. Pesquisadores da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP) anunciaram em novembro a conclusão de um protótipo de exoesqueleto robótico capaz de auxiliar o movimento dos membros inferiores de vítimas de doenças como acidente vascular cerebral (AVC), mal de Parkinson e lesão da medula espinhal. O aparelho utiliza algoritmos para identificar a dificuldade específica do paciente em cada articulação da perna, como tornozelo, joelho e quadril, e complementa automaticamente o esforço necessário para a conclusão do movimento.

"É um equipamento idealizado para fisioterapia. Não substitui o esforço do paciente, o que inibiria a recuperação. A ideia é estimular a realização de atividades, oferecendo ajuda ao paciente na medida adequada apenas para finalizar ações como caminhar, subir escada ou sentar", explica o engenheiro mecânico Adriano Almeida Gonçalves Siqueira, coordenador do projeto e professor do Departamento de Engenharia Mecânica da EESC.

O exoesqueleto da USP, que recebeu apoio da FAPESP para o desenvolvimento dos algoritmos de controle do sistema, é do tipo vestível. É composto por um cinto pélvico, juntas posicionadas nas articulações das pernas, sensores, pequenos motores para impulsionar o movimento, cintas de velcro e um par de sapatos. O conjunto pesa 11 quilos (kg) e foi testado, por enquanto, em pessoas saudáveis. Nesses testes, mostrou ter a estabilidade e a segurança da estrutura necessárias, sendo que os algoritmos de auxílio ao paciente também tiveram bom desempenho. "Experimentos com portadores de deficiências serão realizados neste ano, assim que a pandemia de Covid-19 permitir", conta Siqueira. Segundo ele, se tudo der certo, o desafio seguinte será transformar o protótipo em um produto. "Vamos buscar interessados na industrialização e comercialização."

Hoje os exoesqueletos mais comuns nos centros de reabilitação são de grande porte e fixos. Com mais de 200 kg, são compostos por esteiras para caminhada, barras de apoio e estruturas de sustentação do peso do paciente e dos motores, sensores e equipamentos computacionais. Um dos mais vendidos do mundo é o modelo Lokomat, da empresa suíça Hocoma. Ele é utilizado no Instituto de Medicina Física e Reabilitação do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP (FM-USP), que integra a Rede de Reabilitação Lucy Montoro, na Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD), também em São Paulo, e no Centro Estadual de Reabilitação e Readaptação Dr. Henrique Santillo (Crer), em Goiânia, da Secretaria de Estado da Saúde de Goiás.

"Os equipamentos disponíveis no mercado, de origem europeia, norte-americana ou japonesa, têm preços proibitivos para a realidade de países pobres. Aparelhos para membros inferiores custam na casa de US$ 380 mil e para membros superiores entre US$ 130 mil e US$ 160 mil", observa a fisiatra Linamara Rizzo Battistella, diretora do Instituto de Medicina Física e Reabilitação do Hospital das Clínicas da FM-USP. "No Brasil são raros os centros de reabilitação que contam com exoesqueletos."

O equipamento projetado na USP se insere em um mercado que começa a crescer de forma significativa. Cerca de 6 mil exoesqueletos humanos motorizados foram vendidos no mundo em 2017, de acordo com a Federação Internacional de Robótica (IFR), e esse número deve chegar a 48 mil neste ano. A consultoria norte-americana Prescient & Strategic Intelligence (P&S) projeta, no relatório *Exoskeleton market research report*, uma expansão do mercado global de US$ 290 milhões em 2019 para US$ 7 bilhões em 2030. As cifras e o cálculo da IFR incluem não apenas exoesqueletos para uso na área da saúde, mas também na indústria e no meio militar – nos dois últimos casos apoiando pessoas saudáveis a executar tarefas que geram grande desgaste físico.

Prajneesh Dwivedi, gerente de Marketing da P&S Intelligence, informa que o setor de saúde deverá ser o principal demandante de exoesqueletos. Alguns fatores que ocorrem de forma simultânea colaboram para isso. São eles: a maior disponibilidade de pessoas e governos investirem em saúde; o crescimento da população geriátrica; e a abertura de oportunidades no mercado de trabalho para pessoas com deficiência.

Também contribui o número elevado de ocorrências de lesões da medula espinhal (LM) e casos de AVC. "Apenas nos Estados Unidos vivem 291 mil pessoas com LM e são registrados 17.700 novos casos por ano", declara Dwivedi, citando dados do *National Spinal Cord Injury Statistical Center*. No Brasil, o Ministério da Saúde estima em 6 mil a 8 mil casos novos de LM por ano e por volta de 197 mil atendimentos no Sistema Único de Saúde (SUS) em decorrência de AVC.

Por outro lado, destaca Dwivedi, o setor de exoesqueletos desenvolve avanços significativos com a incorporação de tecnologias robóticas, recursos como inteligência artificial, conectividade em nuvem e designs leves, que utilizam materiais mais adaptáveis ao corpo humano. Um exemplo é o equipamento para uso em membros inferiores Hybrid Assistive Limb (HAL), desenvolvido pela Universidade Tsukuba e a companhia Cyberdyne, ambas no Japão. Em 2020, o HAL tornou-se o primeiro exoesqueleto vestível a obter aprovação de um órgão de vigilância sanitária – no caso, o da Tailândia – para uso médico. Além de Tailândia e Japão, o robô já está disponível na Malásia, na Arábia Saudita e em vários países da Europa.

A equipe de cientistas da EESC-USP também trabalha associada com pesquisadores das universidades federais do Rio Grande do Norte (UFRN), do Espírito Santo (Ufes) e da Universidade de Brasília (UnB) no desenvolvimento de outro exoesqueleto para pessoas com paraplegia, ou seja, com paralisia das pernas e na parte inferior do tronco, uma situação geralmente causada por lesão na medula e muitas vezes permanente. O projeto recebe suporte do Programa de Apoio à Pós-graduação e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Tecnologia Assistiva no Brasil (PGPTA), do governo federal.

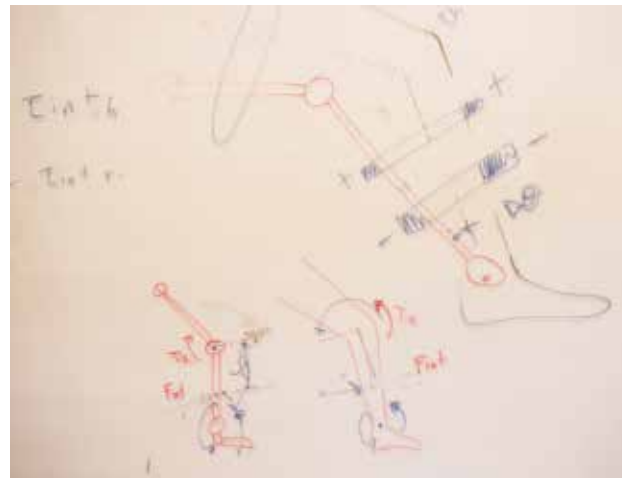
O objetivo desse equipamento, batizado de Ortholeg, é ajudar a locomoção em pé da pessoa portadora de deficiência em seu dia a dia. "O exoesqueleto substitui a cadeira de rodas, permitindo mais facilmente a superação de obstáculos, como degraus, buracos e o meio-fio", ex-

FOTOS LÉO RAMOS CHAVES

Especialistas estimam que a venda de exoesqueletos humanos motorizados no mundo poderá chegar a 48 mil este ano. O setor da saúde deverá ser o maior demandante

1

O protótipo da USP é direcionado à recuperação do movimento dos membros inferiores de pacientes vítimas de AVC e lesões medulares



2

plica o engenheiro elétrico Pablo Javier Alsina, coordenador da iniciativa e do Laboratório de Robótica e Sistemas Dedicados da UFRN. Outra vantagem do Ortholeg, avalia o pesquisador, é gerar autoestima. "Na cadeira de rodas, a pessoa conversa de baixo para cima. Estando em pé, a sensação é de igualdade."

O Ortholeg está em sua segunda versão. A primeira pesava 20 kg e a segunda 12 kg. A estrutura é produzida em liga especial de alumínio e fibra de carbono e adota um sistema de eficiência energética capaz de reduzir em até 30% a demanda de bateria. Com tudo isso foi possível substituir quatro motores de alto desempenho que custam R$ 50 mil cada um por outros motores mais leves com preço unitário de R$ 11 mil.

Os primeiros exoesqueletos para pessoas com paraplegia que chegaram ao mercado internacional demandam que o usuário determine cada movimento a ser executado por meio de botões de comando. Já o Ortholeg incorpora técnicas oriundas da robótica que permitem ao usuário executar movimentos com elevado grau de autonomia. Além de estabelecer a direção para a qual pretende se locomover, ele tem total controle sobre ritmo, paradas e mudança de ru-

mo. O exoesqueleto executa automaticamente o movimento. Para isso, é dotado de uma câmera que vê os obstáculos e utiliza técnicas de inteligência artificial, otimização e planejamento de movimentos para adaptar o passo da pessoa para a forma mais adequada a superar obstáculos na sua frente e alcançar o objetivo. "O exoesqueleto é como um táxi que leva a pessoa ao seu destino", compara Alsina.

De acordo com o engenheiro da UFRJ, os testes do equipamento com os usuários inicialmente estavam previstos para 2020, mas também tiveram que ser adiados por causa da Covid-19. Agora a expectativa é que sejam realizados ainda neste ano. O passo seguinte é a submissão do aparelho à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e, com a aprovação do órgão, o licenciamento comercial.

No Laboratório de Biomecatrônica da Escola Politécnica (Poli) da USP estão sendo desenvolvidos modelos de exoesqueletos para reabilitação em seções de fisioterapia, prevenção de lesões de trabalho e também com finalidade assistiva, ou seja, que auxiliem o portador de deficiência em seu cotidiano. O engenheiro Arturo Forner-Cordero, coordenador do Laboratório de Biomecatrônica do Departamento de Engenharia Mecatrônica e Sistemas Mecânicos (PMR), informa que já estão prontos os sistemas de arquitetura de controle que utilizam algoritmos para identificar o ritmo de caminhada de cada indivíduo e gerar um padrão de marcha. Os sistemas de controle de posição e força do robô para gerar o esforço adequado ao movimento também foram finalizados, mas ainda é preciso construir os protótipos, processo que foi atrasado em decorrência da pandemia. "Devemos ter os primeiros exemplares concluídos por volta de julho", calcula Forner-Cordero.

São dois os modelos de exoesqueletos para pessoas com deficiência em desenvolvimento na Poli-USP, ambos motorizados. Um deles emprega o sistema convencional com um motor junto a cada articulação assistida. O outro modelo adota um sistema em que os motores são reunidos em uma mochila carregada nas costas e a transmissão de força é realizada por cabos *bowden*, como os usados nos freios das bicicletas. "Esse sistema permite reduzir o peso a ser suportado em uma área que se encontra fragilizada, concentrando-o nas costas", explica o engenheiro mecatrônico Rafael Traldi Moura, também do PMR da Poli-USP. As pesquisas são financiadas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Em São Caetano do Sul (SP), a startup Vivax desenvolveu um robô portátil para apoiar a rea-

Para a fisiatra Linamara Battistella, da FM-USP, a robótica presta uma grande contribuição à reabilitação motora, permitindo ao paciente concluir uma quantidade maior de repetições dos exercícios

1

O Ortholeg usa recursos de inteligência artificial a fim de adaptar o passo da pessoa e superar obstáculos na sua frente

2

3

O robô portátil da Vivax, com formato similar ao de um joystick, apoia a reabilitação de membros superiores

bilitação dos membros superiores. A ideia é que o sistema seja uma alternativa de custo mais acessível. O robô, conforme a empresa, o primeiro do gênero, estimula o paciente a se exercitar ao jogar games digitais lúdicos 3D que simulam atividades cotidianas em ambiente tridimensional.

O aparelho, similar a um joystick, move-se por meio de um sistema de coordenadas esféricas denominado A.R.M. (*assistive rehabilitation machine*). Os movimentos estão predefinidos nos jogos. Por meio de uma interface, os terapeutas selecionam os jogos mais adequados a cada paciente, assim como a força necessária para realização dos exercícios.

"Com o robô, o paciente executa cerca de 1.400 movimentos em uma sessão de 50 minutos de fisioterapia. Numa sessão normal, são realizados por volta de 100 movimentos. É como fazer 14 sessões de fisioterapia em apenas 50 minutos", destaca o engenheiro naval Antonio Makiyama, idealizador do equipamento junto com o seu irmão, o fisioterapeuta Tomas Makiyama.

O A.R.M. é portátil, pesa aproximadamente 15 kg e está sendo comercializado por US$ 80 mil. Já foram vendidos nove para a Rede Lucy Montoro e outros dois para a prefeitura de São Paulo. "É um equipamento com vocação internacional e estamos nos preparando para uma comercialização em escala", diz Makiyama. Para 2021, a Vivax planeja apresentar ao mercado uma versão do A.R.M. para membros inferiores, com jogos lúdicos que usam o pé. O desenvolvimento do robô contou com apoio financeiro do programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) da FAPESP.

Para Battistella, da FM-USP, a robótica presta uma grande contribuição à reabilitação, possibilitando ao paciente concluir um número maior de repetições dos exercícios – algo que ele não conseguiria fazer sem o auxílio externo. "Os exercícios físicos melhoram as condições motoras, cardiovasculares e cognitivas. Essa recuperação apoiada pela robótica é mais rápida, permitindo que o indivíduo afetado retome suas atividades normais em menor tempo. O impacto social poderá ser muito grande", explica a especialista, cujo grupo de pesquisa estuda, com apoio da FAPESP, os mecanismos de neuroplasticidade envolvidos no processo de reabilitação motora.

Os exoesqueletos, segundo a fisiatra, também ajudam a preservar a saúde dos técnicos que, sem a ajuda do equipamento, precisam realizar um grande esforço físico para auxiliar o paciente. Outro benefício da robótica é aperfeiçoar a elaboração de um tratamento customizado para cada paciente, utilizando para isso as informações captadas pelos sensores, que avaliam a cada momento o esforço realizado e a dificuldade do paciente em complementar a atividade.

De acordo com Battistella, os exoesqueletos vestíveis em desenvolvimento nas universidades brasileiras demonstram em laboratório ser capazes de oferecer as mesmas funcionalidades para a reabilitação dos pacientes e informações para a equipe médica ofertadas pelos modelos analógicos. Os equipamentos nacionais, segundo ela, podem significar um potencial mercadológico ainda inédito no mundo, caso tenham bons resultados nos testes com pacientes.

"Um produto viável para a aquisição pelo SUS no Brasil terá uma expansão mercadológica rápida. Países da América Latina, África e Ásia também se interessariam", afirma a fisiatra, que é uma das coordenadoras do Grupo de Desenvolvimento das Diretrizes de Reabilitação Relacionada à Saúde da Organização Mundial da Saúde (OMS). ■

Projetos

1. Estratégias adaptativas híbridas para exoesqueletos de membros inferiores (nº 19/05937-7); **Modalidade** Auxilio à Pesquisa – Regular; **Pesquisador responsável** Adriano Almeida Gonçalves Siqueira (USP); **Investimento** R$ 139.379,82.

2. Pesquisa e desenvolvimento de robô portátil para reabilitação neurológica e ortopédica dos membros inferiores (nº 19/09933-6); **Modalidade** Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe); **Convênio** Pappe/Finep; **Pesquisador responsável** Antonio Massato Makiyama (Vivax). **Investimento** R$ 750.170,13.

3. O déficit da inibição como marcador de neuroplasticidade na reabilitação (nº 17/12943-8); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa; **Programa** Spec; **Pesquisador responsável** Felipe Fregni (USP); **Investimento** R$ 3.104.574,50.

FOTOS 1 VITOR GABOARDI DOS SANTOS **2 E 3** LÉO RAMOS CHAVES

UMA MÁQUINA DE SUPORTE À VIDA

Empresa paulista cria aparelho que faz oxigenação fora do corpo, auxiliando pacientes em estado crítico

Yuri Vasconcelos

Sistema Solis, da Braile Biomédica: equipamento funciona como pulmão e coração artificiais em doentes em estado grave

A Braile Biomédica, uma das pioneiras no país no desenvolvimento de equipamentos médicos na área de cardiologia, lançou um dispositivo de alta complexidade que pode ajudar no tratamento de pacientes que sofrem de insuficiência respiratória aguda, comum em casos graves de Covid-19. Batizado de Sistema Solis, ele é direcionado para uma terapia conhecida no meio médico pela sigla Ecmo, de oxigenação por membrana extracorpórea. O aparelho possibilita uma forma de respiração extracorpórea (fora do corpo), usada como recurso final quando equipamentos de ventilação mecânica, que atuam como respiradores artificiais, já não surtem mais efeito.

"Trata-se de uma espécie de pulmão artificial, que pode ser usado em adultos e crianças", explica o engenheiro mecânico Rafael Braile, diretor de Operações e de Pesquisa e Desenvolvimento da empresa, sediada em São José do Rio Preto (SP). "Ele drena o sangue para fora do paciente através de cateteres, faz sua oxigenação com auxílio de uma membrana polimérica e o devolve para o doente. É um tratamento invasivo de suporte à vida que pode ajudar a manter o paciente até que seu pulmão se recupere." Aparelhos para Ecmo também podem ser usados temporariamente como coração artificial por quem sofreu transplante do coração, infarto do miocárdio ou parada cardíaca.

O equipamento paulista foi desenvolvido em menos de um ano e teve apoio técnico do Instituto de Pesquisas Eldorado, de Campinas (SP), uma das unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii). Recebeu um investimento total de R$ 7,8 milhões, sendo R$ 2,3 milhões bancados igualmente pela Embrapii e Braile, R$ 2,5 milhões financiados pela Agência de Desenvolvimento Paulista (Desenvolve SP) e R$ 3 milhões pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Fundada pelo cirurgião cardiovascular Domingo Marcolino Braile (1938-2020) em 1977 (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 176*), a empresa, que conta com apoio do programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) da FAPESP para desenvolver um stent periférico (prótese usada em vasos sanguíneos que sofrem oclusão), já tinha know-how na fabricação de equipamentos similares. "Desde os anos 1990 dominamos a tecnologia de fabricação de membranas de oxigenação para cirurgias cardíacas, que fazem o papel do pulmão por um período mais curto, entre seis e oito horas. O conceito do Sistema Solis é parecido, com a diferença de que precisa funcionar por 30 dias ou mais, enquanto o paciente está na UTI [Unidade de Terapia Intensiva] recuperando o seu sistema cardiorrespiratório", diz Braile, destacando que o Solis é o primeiro dispositivo para Ecmo desenvolvido no hemisfério Sul.

Para o médico Luiz Fernando Canêo, cirurgião cardíaco pediátrico do Instituto do Coração (InCor) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP), a tecnologia que a Braile está usando é de ponta. "O equipamento deve competir com o que há hoje no mercado. Todos os aparelhos para Ecmo do país são importados. O Sistema Solis vem para somar", avalia Canêo, ex-presidente da seção latino-americana da Organização de Suporte Extracorpóreo à Vida (Elso).

O mercado de aparelhos para Ecmo conta com cerca de uma dezena de empresas, entre elas Getinge, da Suécia, Medtronic, da Irlanda, LivaNova, do Reino Unido. Segundo o especialista do InCor, o equipamento brasileiro está, teoricamente, no mesmo patamar dos sistemas feitos no exterior. "Agora, precisamos ter a experiência clínica para comprovar que ele funciona bem." O preço do equipamento no mercado global gira em torno de US$ 35 mil a US$ 50 mil – a Braile não divulga quanto o Sistema Solis vai custar.

Uma unidade já foi adquirida por um distribuidor de equipamentos médicos de Pernambuco. "Recebemos consultas de vários estados brasileiros e do exterior. Temos negociações avançadas com centros da Alemanha e Ucrânia. Instituições da Colômbia e Venezuela também demonstraram interesse", diz Braile.

Os equipamentos para Ecmo consistem basicamente de duas partes. A primeira é uma máquina que controla os parâmetros do fluxo de sangue (volume, pressão, temperatura), bombeando-o para fora do corpo e de volta ao paciente. A outra é formada por um conjunto de peças descartáveis: duas cânulas que fazem a drenagem do sangue do paciente para a máquina e de volta ao doente; um conjunto de tubos por onde o sangue circula; uma bomba centrífuga, que impulsiona o sangue; e o oxigenador de membrana, que mimetiza o papel do pulmão, fazendo a troca gasosa. Os componentes descartáveis são renovados a cada novo usuário.

"Nosso sistema é o único que contempla todos os itens que compõem um aparelho para Ecmo, pois fabricamos todas as peças. Os principais competidores não desenvolvem tudo; adquirem uma peça ou outra de fornecedores", declara Braile. A terapia de Ecmo foi amplamente empregada durante o surto de H1N1, em 2009. Naquela ocasião, diz o executivo, os resultados foram positivos, da mesma forma como ocorre agora na Europa e nos Estados Unidos, onde os aparelhos têm sido usados no apoio ao tratamento de Covid-19. "A curva de mortalidade nesses países tem sido menor. Esperamos que nosso sistema ajude a salvar vidas durante a pandemia do novo coronavírus", destaca Braile.

Por se tratar de um procedimento complexo, que exige pessoal altamente capacitado, e de elevado custo – "nem sempre coberto pelos planos de saúde", ressalva Canêo –, poucos hospitais do país têm equipamentos para Ecmo. "Apenas 28 centros médicos são associados à Elso, o que significa que reportam o que fazem para a entidade", afirma o especialista do InCor, destacando que outras instituições não associadas à organização também realizam o tratamento no Brasil.

Canêo avalia que ter uma solução nacional pode ajudar a expandir a terapia de Ecmo no país. "Há uma cultura por aqui de que o hospital não compra o equipamento. Ele é consignado e somente os componentes descartáveis são comprados. No resto da América Latina, as instituições adquirem o sistema completo", explica. "Com um fabricante local, vai ser mais fácil realizar a manutenção do aparelho, pois não será preciso importar peças. Pode ser que haja uma mudança dessa cultura." ■

Projeto

Desenvolvimento e validação pré-clínica de endopróteses revestidas e cateter de liberação para tratamento de doenças vasculares periféricas (nº 15/50608-0); **Modalidade** Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe); **Convênio** Finep – Pipe/Pappe Subvenção; **Pesquisador responsável** Domingo Marcolino Braile (Braile Biomédica); **Investimento** R$ 744.000,00.

CAROLINE BIANCHINI / BRAILE BIOMÉDICA

F
G
J
L
N
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

VERSÃO ATUALIZADA EM 22/03/2021

DESEMPENHO EM ANÁLISE

Infraestrutura e orçamento aparecem em pesquisas como fatores importantes para resultado positivo de colégios militares e escolas militarizadas

Christina Queiroz

Valendo-se de modelo criado na década de 1990, mais de 200 escolas públicas foram militarizadas em 2020, totalizando cerca de 500, motivadas pelos resultados positivos obtidos por alunos de colégios militares, tipo de instituição que existe no país desde o século XIX. Estudos de caso e análises comparativas do desempenho de estudantes tanto em colégios militares como em escolas militarizadas, chamadas de cívico-militares, sugerem que o bom desempenho nessas instituições é favorecido por fatores como a realização de processo seletivo, o acesso a orçamento maior, melhor infraestrutura, mais profissionais em seu quadro de pessoal e inibição de problemas de segurança nas imediações.

Com pesquisas desenvolvidas desde os anos 1980 na área de políticas educacionais, o psicólogo Erasto Fortes Mendonça, da Universidade de Brasília (UnB), destaca que na educação básica existem diferentes modelos de escolas militares de ensino fundamental e médio. O mais conhecido deles reúne escolas vinculadas às Forças Armadas, à Polícia Militar (PM) ou ao Corpo de Bombeiros (CB), como as escolas das Forças Armadas ou os colégios militares das Forças Armadas (*ver box na pág. 78*). "São instituições criadas para formar jovens interessados em seguir carreira militar", explica, ao lembrar que o primeiro colégio militar do país foi fundado em 1889 por dom Pedro II (1825-1891), no Rio de Janeiro. No começo do século XX, observa o historiador Marcus Fernandes Marcusso, do Instituto Federal do Sul de Minas, campus de Inconfidentes, os colégios militares, financiados com recursos federais, do Ministério da Guerra, eram voltados para filhos de oficiais e "desvalidos". "A partir da década de 1930, esses colégios começaram a se transformar, ampliando seu acesso a recursos, movimento que ganhou força durante o regime militar [1964-1985]", informa

ILUSTRAÇÕES LULI PENNA

Marcusso, que há sete anos desenvolve estudo sobre a Escola de Comando e Estado-Maior do Exército e seus regulamentos de ensino. Hoje, de acordo com Mendonça, os colégios militares existentes no Brasil admitem alunos mediante processos seletivos rigorosos e oferecem estrutura física e corpo docente "altamente qualificado".

Outro perfil de instituição envolve as escolas militarizadas ou cívico-militares. A militarização abarca um conjunto de práticas e concepções adotadas em contextos que não têm o militarismo como referência, caso das escolas públicas. No total, o país conta com 180 mil colégios públicos estaduais e municipais na educação básica, conforme o Censo da Educação Básica de 2019, divulgado no ano passado. A partir de parcerias estabelecidas entre as secretarias de Educação e Segurança Pública dos estados, essas instituições passam a ser gerenciadas por oficiais da Polícia Militar ou do Corpo de Bombeiros. "Por intermédio desses acordos, os oficiais se tornam responsáveis pela administração, segurança e disciplina dos alunos, enquanto professores e coordenadores se ocupam da parte pedagógica", explica Mendonça. De acordo com o pesquisador da UnB, o modelo de parceria varia conforme a região do país, mas todas as escolas, quando militarizadas, recebem investimentos adicionais das secretarias de Educação ou Segurança Pública e passam a contar com um número maior de profissionais atuando no cotidiano letivo.

De acordo com informações divulgadas no site do Ministério da Educação (MEC), a militarização permitiria elevar a qualidade do ensino na educação básica, por meio de melhorias no ambiente e no funcionamento das escolas, que são adotadas a partir do trabalho de militares nas gestões administrativa, didático-pedagógica e educacional. Também em seu site, o ministério informa que até 2019, as taxas de evasão e reprovação nas escolas militarizadas eram, respectivamente, 71% e 37,4% menores, se comparadas com a média de outras instituições públicas. Procurado pela reportagem, até o fechamento da edição o MEC não atendeu à solicitação de entrevista para detalhar essas informações e identificar estudos em que se baseou para incentivar o modelo cívico-militar.

Ao analisar os distintos modelos adotados pelos estados para militarizar escolas públicas, a pedagoga Telma Pileggi Vinha, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), relata que em Goiás, por exemplo, essas instituições são mais comuns nos centros das cidades e o diretor costuma ser um oficial da ativa, indicado pelo comandante da Polícia Militar ou dos Bombeiros. Já no Distrito Federal, onde as instituições militarizadas se concentram na periferia, o diretor é da área de educação e os militares assumem responsabilidades de controle da disciplina interna. De acordo com a pedagoga, no Distrito Federal, a previsão em 2019 era de que cada escola militarizada recebesse R$ 200 mil a mais, que seriam custeados pela Secretaria de Segurança Pública, além de cerca de 20 militares que estão na reserva ou têm restrições médicas para atuar na rua e passam a trabalhar na instituição. Vinha, que desde 2018 desenvolve pesquisa sobre colégios militares e escolas cívico-militares como parte das atividades do Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação Moral (Gepem), da Unicamp, lembra que normalmente os oficiais e policiais militares que trabalham nas escolas militarizadas não têm formação pedagógica, apresentando pouco preparo para atuar no universo escolar. Segundo ela, os recursos adicionais, que muitas vezes contam com contrapartida das secretarias de Educação, viabilizam, entre outras ações, melhorias na infraestrutura física das instituições, como instalação de quadras esportivas, bibliotecas e laboratórios.

"Oficiais que estão na reserva ou com afastamento temporário podem ser contratados para atuar nas escolas militares. Constatamos que muitos dos que foram alocados nesses colégios do DF estavam com afastamento temporário por causa de problemas psicológicos, como depressão", afirma a pedagoga Catarina de Almeida Santos, da UnB. Os dados foram levantados por

GLOSSÁRIO

MILITARIZAÇÃO
Adoção de um conjunto de práticas e concepções características do ambiente militar em contextos que não têm o militarismo como referência, caso das escolas públicas

ESCOLAS DAS FORÇAS ARMADAS
Conjunto de escolas voltadas à formação de cadetes

ESCOLAS DO CORPO DE BOMBEIROS
Atendem filhos de militares e também de civis por intermédio de processo seletivo

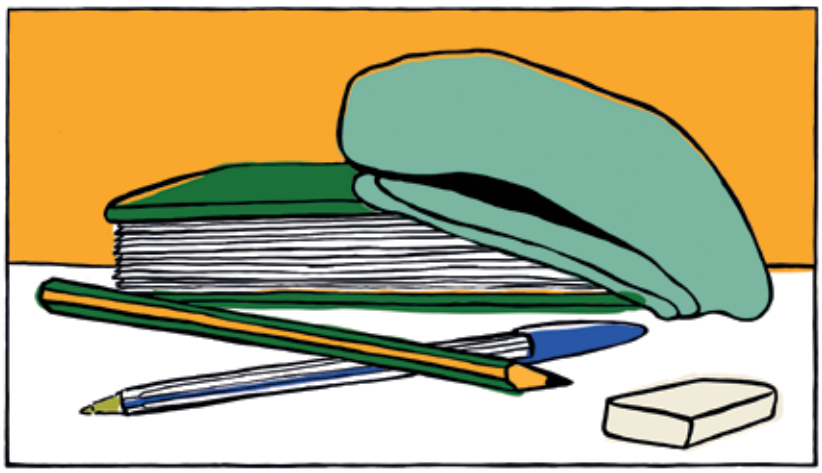
ESCOLAS DAS POLÍCIAS MILITARES
Presentes em 23 estados, atendem filhos de militares e também de civis por intermédio de processo seletivo

COLÉGIOS MILITARES DAS FORÇAS ARMADAS
Instituições de educação básica que atendem dependentes de militares e também de civis por intermédio de processo seletivo

ESCOLAS MILITARIZADAS
Escolas civis públicas que passam a ter a gestão compartilhada com a Polícia Militar ou o Corpo de Bombeiros

INSTITUIÇÕES MILITARES DE ENSINO SUPERIOR
Instituições mantidas pelas Forças Armadas (Aeronáutica, Exército e Marinha), pelas polícias militares e bombeiros de alguns estados. Formam oficiais de carreira em ciências militares

FAMÍLIAS QUE APROVAM O MODELO MILITARIZADO ACREDITAM QUE PROBLEMAS DE APRENDIZAGEM PODEM SER RESOLVIDOS COM O AUMENTO DA DISCIPLINA



meio de um requerimento de informações do Observatório da Militarização, da Comissão de Defesa dos Direitos Humanos, Cidadania, Ética e Decoro Parlamentar da Câmara Legislativa do Distrito Federal, do qual Santos faz parte. "Uma das premissas do processo de militarização é que os policiais alocados nas escolas não devem desfalcar o grupo de efetivos necessários para atuar nas ruas. Por causa disso, são mobilizados oficiais na reserva ou afastados", diz a pedagoga, que desenvolveu pesquisa de pós-doutorado sobre o assunto na Unicamp, em 2019.

As primeiras militarizações de instituições públicas de ensino no país ocorreram no início dos anos 1990, em Mato Grosso, em Rondônia e no Amazonas. Em dissertação de mestrado defendida em 2019 na Universidade Federal de Goiás (UFG), Eduardo Junio Ferreira Santos identificou que 240 escolas públicas foram militarizadas no Brasil entre 1990 e 2019, sendo 155 delas estaduais e 85 municipais. Em outubro de 2020, o Paraná transformou mais de 200 colégios públicos estaduais em escolas cívico-militares. Conforme Vinha, o processo de expansão das escolas militarizadas ganhou impulso e visibilidade com o Programa Nacional das Escolas Cívico-militares do governo federal, lançado em setembro de 2019 com o objetivo de militarizar 216 escolas públicas de ensino fundamental e médio, até 2023, com investimentos anuais de R$ 54 milhões.

Além da presença de oficiais no dia a dia das escolas e do aumento nos investimentos, a militarização prevê a inclusão de rituais e aulas envolvendo a cultura militar. Um exemplo é a disciplina Continência e Sinais de Respeito, conhecida como CSR. Nela, os estudantes aprendem cânticos, hinos, marchas e desfiles militares. "Os alunos também passam a ter de usar diferentes modelos de fardas, conforme as atividades escolares realizadas. Os modelos e custos variam em cada estado ou município, mas, conforme levantamento feito em 2018 com uma empresa responsável por fornecer os uniformes, podem chegar a um valor total de R$ 1,5 mil, no caso do Piauí", explica Vinha, comentando que no DF a própria escola fornece as fardas, enquanto em estados como Roraima e Goiás a aquisição fica por conta da família, dificultando o acesso de alunos com nível socioeconômico baixo a essas instituições.

Resultados de estudos recentes mostram que o desempenho de alunos de colégios militares, ou seja, nas instituições criadas para formar jovens interessados em seguir carreira militar, é superior ao daqueles matriculados em escolas públicas regulares. "Enquanto a média do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) de 2017 das escolas públicas nas séries finais do ensino fundamental foi de 4,1, nos colégios militares foi de 6,5", compara Vinha.

Realizado em 2016 e com a publicação de resultados no ano passado, estudo de pesquisadores da Universidade Federal do Ceará (UFC) analisou dados do Sistema Permanente de Avaliação da Educação Básica do estado, comparando o desempenho de estudantes de escolas públicas regulares com o de alunos matriculados em dois colégios militares em Fortaleza. "Observamos uma diferença de desempenho entre os alunos que estudaram o segundo ciclo do fundamental nas escolas militares, em comparação com a média identificada para outros de escolas regulares matriculados no mesmo ciclo", conta a economista Alesandra de Araújo Benevides, da UFC, campus de Sobral, uma das autoras do estudo. Segundo a integrante do Laboratório de Análise de Dados e Economia da Educação (EducLab) da instituição, a pesquisa mostrou que alunos de escolas militares adquirem o equivalente a um ano e meio a mais de conhecimentos em matemática, por exemplo, se comparados a estudantes de instituições civis.

"Há vários fatores extraescolares que ajudam a explicar o desempenho superior, como características familiares e o próprio processo de seleção estabelecido por escolas militares, que po-

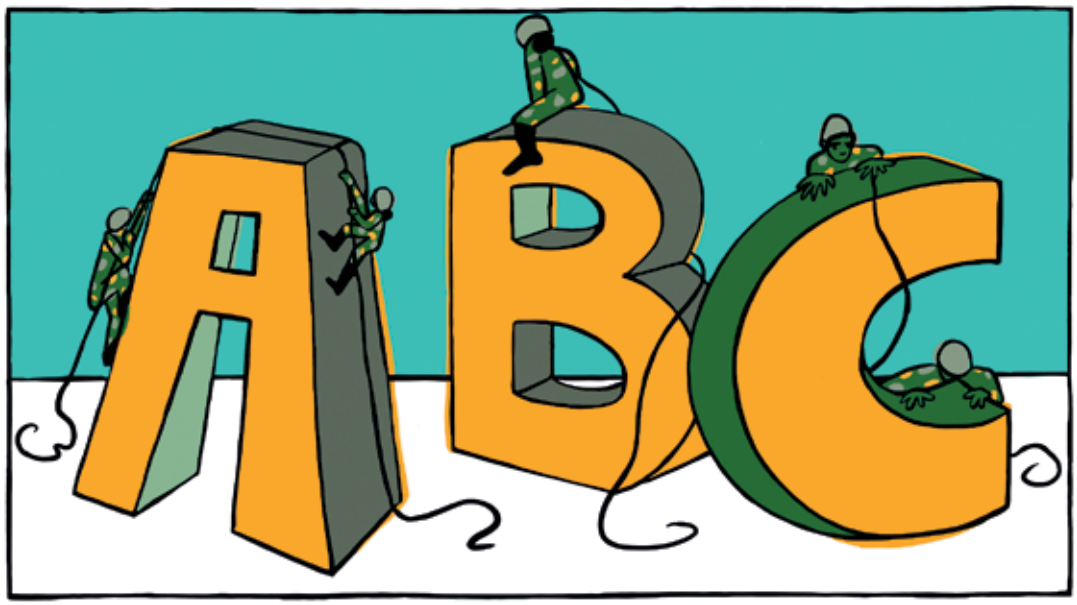
dem gerar um viés na performance", observa. Na avaliação da economista, as instituições militares analisadas têm melhores notas porque fazem processo seletivo logo no início do ensino fundamental, de forma que somente alunos com bom desempenho escolar conseguem se matricular. Segundo ela, nesses colégios, os professores não costumam faltar, o que garante uma continuidade no processo de ensino. Além disso, a presença de militares inibe a venda de drogas e problemas de segurança em suas imediações.

Vinha lembra que segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) do Ministério da Educação, o custo-aluno nas escolas públicas é de R$ 6 mil em média por ano e nos colégios militares de R$ 19 mil. "Esses elementos permitem sustentar a hipótese de que as instituições militares são privilegiadas com mais recursos financeiros, profissionais e de estrutura, que impactam positivamente o desempenho dos estudantes", argumenta Vinha.

O Colégio de Aplicação da Universidade Estadual de Goiás (UEG) passou a ser gerenciado pela Secretaria de Segurança Pública do estado, em 2005. Em investigação científica sobre esse processo, a socióloga Mirza Seabra Toschi, docente da própria instituição e aposentada da Universidade Federal de Goiás (UFG), identificou que parte das melhorias observadas na infraestrutura escolar aconteceu a partir da contribuição mensal, "não obrigatória, mas fortemente incentivada", de cerca de R$ 130,00 dos alunos, cobrança que é feita por meio da Associação de Pais e Mestres, que entrega um carnê de pagamento às famílias. "Outro fator que contribui para resultados positivos são as características socioeconômicas das famílias que matriculam seus filhos nesse tipo de instituição e que geralmente são de classe média ou alta", afirma.

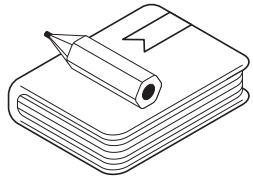
Vinha, da Unicamp, menciona estudo de 2017 de pesquisadores da UFC que identificou que dos 59 colégios públicos militarizados da rede estadual de Goiás em 2017, 36 envolviam famílias com nível socioeconômico alto ou muito alto: enquanto nas escolas públicas do estado 76% das famílias recebiam Bolsa Família, nas militarizadas o percentual equivalente era de 19%. Se nas escolas públicas 21% das mães eram analfabetas ou tinham o primário incompleto, o número equivalente para as militarizadas era de 3%, segundo a pesquisadora. Alunos que não se adaptam às regras ou apresentam desempenho negativo são transferidos para outras instituições. "Em Goiás, 20% dos alunos mudaram de escola durante o processo de militarização", afirma, lembrando que instituições militarizadas não atendem alunos com necessidades especiais e tampouco oferecem educação a jovens e adultos (EJA), voltada àqueles que não tiveram acesso à escola na idade adequada.

Dados semelhantes apareceram em pesquisa de pós-doutorado de Santos, da UnB, que durante um ano analisou documentos normativos, regimentos e manuais operacionais de instituições militarizadas do Distrito Federal. De acordo com a pesquisadora, dados do Observatório da Militarização das Escolas, criado em 2019 pela comissão de Direitos Humanos da Câmara Legislativa do DF para acompanhar o tema, receber denúncias e identificar problemas de gestão, mostram que 23% dos alunos mudam de colégio durante o processo de militarização por causa de desempenho irregular ou dificuldades para se enquadrar nas regras. "Essas instituições excluem os problemas do seu cotidiano", sustenta.



180 mil

é o número total de escolas públicas municipais e estaduais de ensino fundamental e médio no Brasil



ESCOLAS ESTADUAIS E MUNICIPAIS MILITARIZADAS

2019	240
2020	500

FONTES CENSO DA EDUCAÇÃO BÁSICA(2019) / SANTOS, E. J. F. "MILITARIZAÇÃO DAS ESCOLAS PÚBLICAS NO BRASIL: EXPANSÃO, SIGNIFICADOS E TENDÊNCIAS". UFG, 2019

Vinha recorda que os principais instrumentos legais que norteiam a educação brasileira, como a Lei de Diretrizes e Bases (LDB), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o Plano Nacional de Educação (PNE) e o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), preconizam que a educação deve promover a formação de indivíduos autônomos e críticos. Segundo ela, países que são referência em educação no Programa Internacional de Avaliação de Alunos (Pisa), como Singapura, Finlândia, Hong Kong e Canadá, caminham na direção inversa do que o modelo militar propõe para o Brasil. "Escolas particulares de elite do país, como Bandeirantes e Santa Cruz, de São Paulo, por exemplo, trabalham com um modelo educacional baseado no desenvolvimento de competências socioemocionais, autonomia, participação, confiança e diálogo", compara. Para Vinha, as famílias que aprovam o modelo militarizado buscam uma escola capaz de proporcionar um ensino de qualidade e de disciplinar os alunos, apostando que os problemas de aprendizagem podem ser resolvidos com o aumento do rigor e da disciplina.

"A militarização surge como resposta a situações em que os valores democráticos e recursos disciplinares das escolas públicas não foram suficientes para impedir situações de insegurança, indisciplina, desinteresse e baixo rendimento dos alunos", comenta Vinha. Com isso, de acordo com a pesquisadora, sustenta-se a tese equivocada de que deixar a disciplina e a administração para a polícia permite que os professores se concentrem e aprimorem a parte pedagógica. Segundo Vinha, as regras desse tipo de instituição incluem o estabelecimento de normas estritas de como se vestir e se comportar, não sendo permitido, por exemplo, usar bermudas ou cabelos soltos. "Em muitas escolas, os policiais andam armados."

Em estudo sobre a militarização de escolas públicas na Bahia, a pedagoga Eliana Póvoas Pereira Estrela Brito, da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), identificou que a militarização, ao colocar em exercício o poder disciplinar desempenhado pela polícia dentro da escola, acaba por reduzir a indisciplina e práticas de violência nos cotidianos escolares. "O poder da polícia faz com que os alunos sejam obedientes dentro da escola, mas para garantir o desenvolvimento de indivíduos pacíficos é necessário investir em políticas de bem-estar e segurança e não apenas aquartelar as instituições de ensino", propõe. Na Bahia, a militarização costuma acontecer em lugares considerados de risco social, com altos índices de violência e tráfico de drogas, informa Brito. "Na pesquisa, acompanhei a militarização, em 2019, de uma escola em Santa Cruz Cabrália. Quando saíam da instituição, e sabiam que não estavam mais sendo vigiadas, algumas crianças rapidamente abandonavam o comportamento disciplinado adotado em sala de aula e passavam a dar rasteiras e a brigar com os colegas", relembra.

Para Marcusso, do Instituto Federal do Sul de Minas, a militarização representa uma tentativa de transpor diretrizes da educação militar para a escola pública. "A educação militar exige disciplina porque se destina a formar indivíduos que, no limite, terão de comandar destacamentos em guerras. Na doutrina militar, é preciso seguir regras e não debater. Mas formar um oficial para a guerra é muito diferente de educar um cidadão", compara. Com argumento similar, Sílvio Gallo, da Faculdade de Educação da Unicamp, reconhece o direito que as famílias têm de escolher matricular seus filhos em escolas militares, em instituições religiosas ou no ensino médio técnico. "No entanto, o mais adequado seria criar uma rede paralela e não investir recursos extraordinários para militarizar a escola pública regular", conclui. ■

Artigos científicos

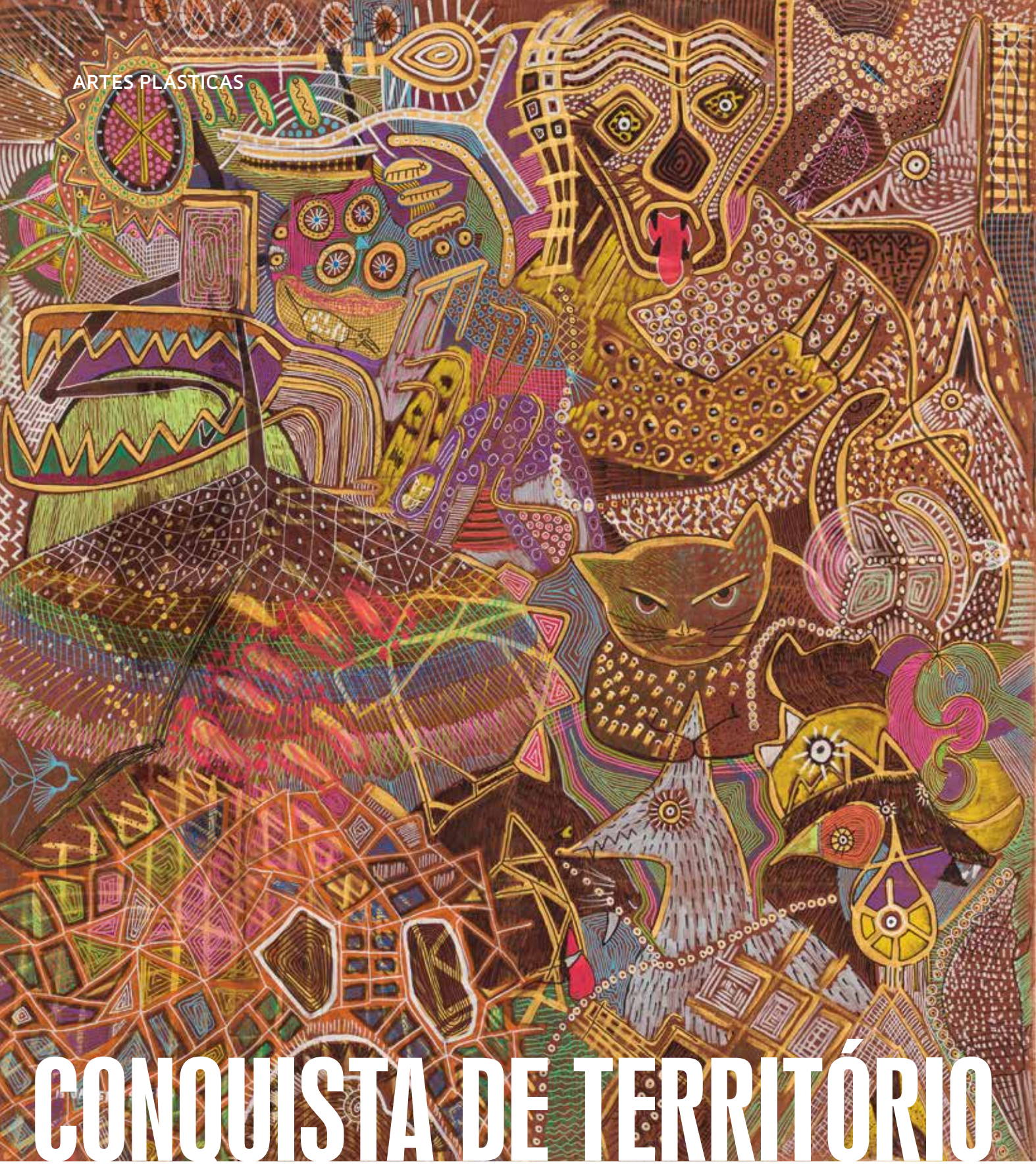
BENEVIDES, A. A. e SOARES, R. B. Diferencial de desempenho de alunos das escolas militares: O caso das escolas públicas do Ceará. **Nova Economia**. v. 30, n. 1, p. 317-43. 2020.

BENEVIDES, A. A. e SOARES, R. B. Diferencial de desempenho das escolas militares: Bons alunos ou boa escola? **Encontros Universitários da UFC**. v. 2. 2017.

BRITO, E. P. P. E. e REZENDE, M. P. Disciplinando a vida, a começar pela escola: A militarização das escolas públicas do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação**. v. 35, n. 3. 2019.

VINHA, T. *et.al.* A educação para o desenvolvimento da autonomia e a militarização das escolas públicas: Uma análise da psicologia moral. **Caderno Flacso sobre convivência e violências nas escolas**. No prelo.

INFOGRÁFICO ALEXANDRE AFFONSO



CONQUISTA DE TERRITÓRIO

Diálogo entre a antropologia e as artes impulsiona a inserção de artistas indígenas no cenário museológico

Christina Queiroz

O avanço da presença indígena na academia, o diálogo de artistas contemporâneos com métodos das ciências sociais e a revisão do cânone artístico proposta por historiadores têm fomentado a inserção de trabalhos produzidos por povos originários em museus de arte, ampliando sua presença para além de coleções etnográficas e arqueológicas. O movimento é ascendente em países como Austrália e Canadá desde o final do século XX e, no Brasil, ganhou força nos últimos cinco anos. Instituições como a Pinacoteca e o Museu de Arte de São Paulo (Masp), ambos na capital paulista, investem na aquisição de obras, organizam mostras e contratam curadores indígenas com a proposta de repensar seus acervos.

Tendo o protagonismo indígena como um de seus vetores principais, o fenômeno também foi impulsionado por discussões acadêmicas, sendo os estudos do alemão Hans Belting um dos marcos teóricos desse processo. "Segundo Belting, a história da arte precisa se abrir para criar diferentes tradições e romper com classificações etnocêntricas", observa a antropóloga Ilana Seltzer Goldstein, da Escola de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade Federal de São Paulo (EFLCH-Unifesp). Com análise similar, a historiadora da arte Claudia de Mattos Avolese, do Instituto de Artes (IA) e da pós-graduação em história do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas (IFCH-Unicamp), lembra que quando o campo da história da arte começou a se formar, no século XIX, o conceito de belo ainda era determinante para a definição do objeto artístico. "Além disso, instituiu-se uma hierarquia entre os gêneros estéticos, em que determinados meios, como a pintura a óleo, eram mais valorizados do que outros. Com isso, desenvolveu-se um cânone incapaz de incorporar, por exemplo, peças produzidas em contextos de rituais indígenas", explica. Segundo Avolese, sua geração recebeu uma formação que circunscrevia o campo da história da arte à tradição ocidental europeia. Expressões indígenas ou africanas eram tidas como objetos de análise antropológica.

Fernanda Pitta, curadora da Pinacoteca do Estado de São Paulo, observa que os manuais de maior circulação nos cursos de graduação, entre eles livros de Walter Zanini, José Roberto Teixeira Leite e Pietro Maria Bardi (1900-1999), começam contando a história da arte no país a partir dos trabalhos dos povos originários. "Apesar de ser reconhecida como parte da história artística nacional, a arte indígena tem sido tratada como artefato, marcando presença em instituições arqueológicas e etnográficas. Os museus de arte não incorporaram essas obras em suas coleções, estando em descompasso com a importância dessa produção, inclusive a recente", sustenta Pitta, também professora da Fundação Armando Álvares Penteado (Faap).

Com a proposta de expandir esse campo de reflexão, Avolese fundou, há cinco anos, uma nova linha de pesquisa na pós-graduação da Unicamp, denominada "Questões de arte não europeia, centrada nas culturas nipo-brasileira, ameríndia e africana". "O campo da história da arte está se abrindo para se aproximar de outras

ISABELLA MATHEUS / ACERVO DA PINACOTECA DO ESTADO DE SÃO PAULO

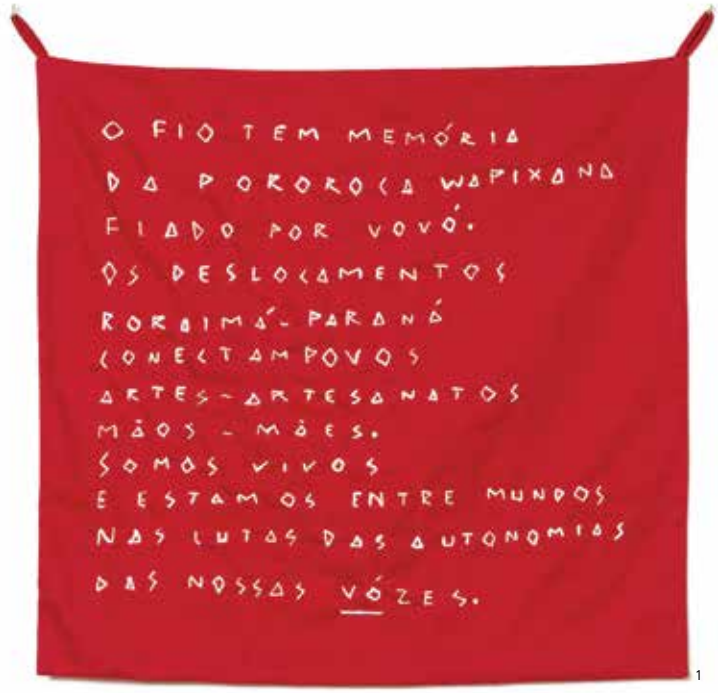
Feitiço para salvar a raposa Serra do Sol, pintura de Jaider Esbell, incorporada ao acervo da Pinacoteca em 2019

formas de produção cultural. Nesse sentido, uma das maneiras de contornar o eurocentrismo da disciplina foi aprender com métodos da antropologia", informa. Na mesma direção, Goldstein conta que desde sua fundação, em 2009, a graduação em história da arte da Unifesp inclui a arte ameríndia, islâmica, asiática e africana na grade de disciplinas obrigatórias, ministradas ao lado de outras disciplinas tradicionais, sobre o Renascimento e o Barroco. Em suas aulas sobre artes ameríndias, Goldstein utiliza bibliografia da antropologia como forma de compreender melhor o significado de determinadas expressões artísticas. "Ao lermos trechos de etnografias de diferentes povos aprendemos, por exemplo, que as pinturas corporais podem tanto comunicar algo a respeito da identidade da pessoa pintada quanto possibilitar conexões com seres sobrenaturais e outros patamares do cosmos", diz.

Jochen Volz, diretor-geral da Pinacoteca, observa que esse processo de expansão tem evidenciado os limites das categorias adotadas pelos críticos para atribuir valor às obras, entre elas as noções de arte erudita, naïf, popular, folclórica ou artesanato. Criada em 1905 junto ao Liceu de Artes e Ofícios, desde seu início a Pinacoteca adotou como parâmetro as técnicas e os critérios da arte europeia, que, como pontua Volz, marcaram a forma como o país pensou a arte durante grande parte do século XX. "No entanto, os rótulos que costumávamos utilizar passaram a ser questionados em um momento em que também começamos a nos perguntar qual versão da história da arte queremos contar na instituição", informa. De acordo com Volz, essas reflexões reverberam debates que ocorrem no mundo todo, em especial em países como Canadá, Estados Unidos e Austrália.

Em tese de doutorado defendida em 2012 na Unicamp, com período sanduíche na Universidade Nacional Australiana em Camberra, na Austrália, Goldstein estudou a inserção da arte aborígene do país no sistema das artes. "O caso australiano é único, na medida em que até meados da década de 1970 os aborígenes eram vistos como os povos mais 'primitivos' do planeta e hoje seus trabalhos circulam em bienais como a de Veneza e são comprados por instituições como o Museu de Arte Moderna [MoMa], de Nova York", conta. De acordo com a pesquisadora, na Austrália, a maioria dos museus de arte tem peças indígenas em suas coleções. Essa realidade, detalha Goldstein, foi construída com apoio de políticas governamentais que começaram a ser elaboradas há cerca de quatro décadas e incluem premiações, financiamento à criação de cooperativas, cursos de gestão e obrigatoriedade de curadores indígenas nos museus do país que possuem coleções indígenas.

Nos últimos anos, obras indígenas passaram a integrar coleções permanentes de instituições como o Museu de Arte de São Paulo



1

2

FOTOS 1 E 2 ISABELLA MATHEUS/ACERVO DA PINACOTECA DO ESTADO DE SÃO PAULO 2 MASP/ACERVO MUSEU DE ARTE DE SÃO PAULO ASSIS CHATEAUBRIAND

3

Pororoca Wapichana, produzida por Gustavo Caboco e Lucilene Wapichana (*no alto, à esq.*), e *Muhipú Saãrô* (*pôr do sol*), de Daiara Tukano (*abaixo, à esq.*). As obras integram acervo da Pinacoteca desde 2020. Acima, *Dami* (Avenida Paulista), pintura de autoria do coletivo Ibã Huni Kuin e Mana Huni Kuin doada ao Masp em 2020

A arte indígena também tem conquistado novos espaços institucionais no Brasil. O movimento decorre, sobretudo, da articulação dos próprios povos originários, que passaram a enxergá-la como oportunidade de chamar a atenção para demandas específicas como o direito à demarcação de terras e o fortalecimento de questões identitárias. "A visibilidade que os artistas indígenas conquistaram nos últimos anos se deve a uma confluência de fatores históricos, que vão desde o marco da garantia de direitos estabelecido pela Constituição de 1988 até uma intensa produção cinematográfica, literária, musical e de conteúdo para mídias sociais, passando pela ampliação da presença na pós-graduação", destaca Jamille Pinheiro Dias, pesquisadora do projeto "Culturas do antirracismo na América Latina", na Universidade de Manchester, no Reino Unido.

Graduado em filosofia e doutor em educação pela Universidadede São Paulo (USP), Daniel Munduruku observa, nos últimos 10 anos, uma mudança na apreciação das artes indígenas, motivada inicialmente pela produção cinematográfica de diferentes grupos, seguida pela emergência de escritores. "Esse movimento favoreceu a criação de uma dimensão ampliada do que são as artes visuais no país", comenta Munduruku. Dias enfatiza que a produção indígena sempre esteve presente na história do Brasil. A diferença é que, hoje, essa produção adquiriu visibilidade. "Artistas como Denilson Baniwa e Daiara Tukano deixam claro que a arte não está separada da luta do movimento indígena. Ao contrário, ela representa sua ampliação", sustenta a pesquisadora.

Goldstein lembra que as vanguardas europeias modernistas das duas primeiras décadas do século XX já se aproximavam da cultura de povos não ocidentais, sobretudo da África e Oceania. Ela localiza nesse momento a existência de uma primeira onda de interesse por formas expressivas de populações originárias. "Artistas desses movimentos se apropriaram de temáticas desses povos, não para conhecê-los melhor, mas para criticar o modo de vida e o sistema da arte ocidental", informa a antropóloga. Nesse sentido, ela lembra que estudiosos do cubismo afirmam que o quadro *Les demoiselles d'Avignon*, de Pablo Picasso (1881-1973), teria sido produzido inspirado em máscaras africanas para criar rostos geometrizados e estilizados.

No final do século passado teve início uma segunda onda de interesse pelos povos indígenas no meio artístico, na avaliação de Goldstein. "Artistas contemporâneos passaram a usar métodos da antropologia e da sociologia, como pesquisas etnográficas ou aplicação de questionários, e também a discutir questões identitárias e de representação, em um momento que foi caracterizado por alguns autores como uma virada antropológica na arte contemporânea", detalha. Nesse caminho, ela menciona a artista norte-americana Claire Pentecost, professora do Departamento de Fotografia da Escola do Instituto de Arte de Chicago, que, em 1990, desenvolveu uma instalação baseada na história de Ishi (?-1916), último representante de um povo que desapareceu na Califórnia. Pentecost aplicou questionários entre indígenas para obter memórias sobre o personagem, criando a obra a partir das respostas que obteve. Além de Pentecost, em 2007, o alemão Uriel Orlov expôs um vídeo em um centro de arte contemporânea em Freiburg, na Alemanha, com cenas de seu encontro, 10 anos antes, com o rei do Benin, na África. Na ocasião, eles conversaram sobre os bronzes pilhados do país pelos britânicos no século XIX e que, hoje, estão espalhados por museus europeus. "Esse movimento também se faz presente no Brasil, onde artistas e curadores não indígenas têm buscado aproximações com os povos originários", comenta Goldstein, ao mencionar a curadoria de Moacir dos Anjos em *A queda do céu*, exposição organizada no Paço das Artes em São Paulo no início de 2015, em referência ao livro de mesmo nome publicado por Davi Kopenawa e o antropólogo Bruce Albert; o trabalho de Bené Fonteles na Bienal de São Paulo de 2016, que consistiu na construção de uma maloca no pavilhão expositivo; ou ainda a cédula *Zero real*, de Cildo Meireles, estampada com a figura de um indígena. "Ao contemplar o universo ameríndio, iniciativas como essas aumentaram a sensibilidade para o trabalho de artistas indígenas em espaços institucionais antes dominados exclusivamente pela arte ocidental", observa. Como parte desse processo, artistas indígenas passaram a expor em museus universitários, caso da mostra *Mira – Artes visuais contemporâneas dos povos indígenas*, realizada em 2014 no Espaço do Conhecimento da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), e *Reantropofagia*, organizada no Centro de Artes da Universidade Federal Fluminense (UFF), em 2019, com curadoria de Denilson Baniwa.

Na esteira desse processo, em outubro a Pinacoteca de São Paulo inaugurou sua primeira exposição dedicada à arte dos povos originários do Brasil. Denominada *Véxoa: Nós sabemos*, a mostra tem curadoria indígena, a cargo da doutora em educação Naine Terena, e reúne pinturas, esculturas, objetos, vídeos, fotografias e performances de 23 artistas ou coletivos de diferentes regiões do país. Pitta, da Pinacoteca, explica que a iniciativa partiu de discussões iniciadas em 2017 com o propósito de revisar o acervo da instituição e buscar estratégias para incorporar a arte indígena nas coleções. Naquele ano, ela foi convidada pelo The Clark Art Institute, centro de pesquisa em história da arte nos Estados Unidos, para liderar um grupo de estudos sobre questões teóricas e metodológicas com vistas ao desenvolvimento do projeto de reinstalação da exposição de longa duração da Pinacoteca.

Em 2018, por meio de auxílio para pesquisador visitante concedido pela FAPESP a Christopher Heuer, da Universidade de Rochester e um dos diretores do The Clark Art Institute, ambos nos Estados Unidos, e como parte de um projeto coordenado por Avolese, Pitta e Valéria Piccoli, também curadora da Pinacoteca, constituiu-se um grupo de estudos no Brasil, com a participação de estudantes de pós-graduação da Unicamp, Unifesp e USP. "Na ocasião, fizemos discussões sobre as relações entre arte, etnografia e cultura visual como caminho para estruturar a nova exposição do acervo permanente da Pinacoteca", conta Pitta. Inaugurada em outubro de 2020, a nova apresentação do acervo permanente de arte brasileira da instituição substituiu a narrativa linear e cronológica anterior, passando a ser temática. Alguns desses temas, como território e corpo, parecem influenciados pelo pensamento indígena, na perspectiva de Goldstein.

1

FOTOS 1 EDOUARD FRAIPONT / CORTESIA DO ARTISTA E GALERIA LUISA STRINA 2 E 3 LEVI FANAN

2

3

À esquerda, *Zero real*, de Cildo Meireles, e, no alto, vistas da exposição *Véxoa – Nós sabemos*, em São Paulo. A mostra inclui tanto obras de artistas contemporâneos, como Denilson Baniwa (*acima*), quanto máscaras e roupas do povo Wauja (*abaixo*)

Em 2018, a Pinacoteca organizou um seminário internacional para reunir pensadores envolvidos com as reformulações no campo dos museus. "Entre os convidados estava Naine Terena, que em sua fala provocou a instituição a pensar que espaço estava disposta a oferecer para os artistas indígenas", recorda Pitta, ao citar a trajetória dela na articulação de ações entre os povos indígenas e sua colaboração com a Bienal de São Paulo, em 2016. Então, a instituição convidou Terena para fazer a curadoria da mostra inaugurada em outubro. "Reunimos uma quantidade diversificada de produções, para mostrar que a arte indígena contemporânea envolve desde cerâmicas tradicionais até trabalhos audiovisuais", informa a curadora, que chama a atenção para o protagonismo indígena no processo de conquista de espaço em museus de arte. "Antes de fazer curadoria de arte indígena, eu já trabalhava com arte contemporânea, com artistas como Gervane de Paula. Em 2012, com recursos do Edital Petrobras Cultural, fiz a curadoria de uma exposição de arte indígena em um pequeno museu na cidade de Aquidauana, no Mato Grosso. A maneira de romper com o eurocentrismo nas artes tem sido o levante dos povos originários, em diferentes tempos", sustenta.

Com a proposta de oferecer novas perspectivas sobre a produção indígena, o fotógrafo Edgar Correa Kanaykõ expôs, na Pinacoteca, cinco trabalhos sobre atividades realizadas no Acampamento Terra Livre, em Brasília. Ele relata que começou a fotografar nos anos 2000, quando sua aldeia, no norte de Minas Gerais, recebeu energia elétrica, adquiriu computadores e câmeras fotográficas. "A aldeia contava com uma associação que comprou esses equipamentos com a finalidade de registrar os projetos desenvolvidos pelo povo Xakriabá. Hoje, por meio da fotografia, consigo mostrar com meu próprio olhar como nossa identidade é diversa", diz. Gustavo Caboco, outro participante da mostra, que segue em cartaz até 22 de março, destaca a forma como a produção indígena foi apresentada pela Pinacoteca. Ao contrário dos museus de arqueologia e etnografia, em que os objetos indígenas costumam ser expostos sem distinção, com as peças atribuídas coletivamente a uma etnia, na Pinacoteca cada trabalho tem sua autoria identificada. "*Véxoa* é a primeira grande exposição organizada em uma instituição pública de arte e evidencia as mudanças significativas que estão acontecendo em espaços museológicos do país", reconhece Goldstein, da Unifesp. "A iniciativa também é um marco porque ocorre no contexto de transformação nas políticas de aquisição e constituição de acervo da Pinacoteca, que comprou trabalhos de Denilson Baniwa, Jaider Esbell, Daiara Tukano, Edgar Kanaykõ, Gustavo Caboco e do Coletivo Mahku. Essa projeção coletiva representa não só uma mudança nos discursos estéticos, mas também uma conquista de poder político e econômico para os povos originários", considera Dias, da Universidade de Manchester.

Em movimento similar ao da Pinacoteca, o Masp integrou as primeiras obras de arte indígena em sua coleção permanente em 2019, a partir de doações feitas pelos próprios artistas. No mesmo ano, a instituição contratou sua primeira curadora indígena, Sandra Benites, doutoranda em antropologia social pelo Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (MN-UFRJ). Para 2023, o museu programa a organização de uma mostra sobre histórias indígenas, que terá a curadoria de Benites. ■

Projeto

Comparativismo para além do Ocidente: Novas teorias e métodos para uma história da arte inclusiva (nº 17/23454-8); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Pesquisador Visitante; **Pesquisadora responsável** Claudia Valladão de Mattos Avolese (Unicamp); **Visitante** Christopher Heuer; **Investimento** R$ 48.810,41.

Artigo científico

GOLDSTEIN, I. S. Da "representação das sobras" à "reantropofagia": Povos indígenas e arte contemporânea no Brasil. **MODOS. Revista de História da Arte**. Campinas. v. 3, n. 3, p. 68-96. set. 2019.

Coisa pública e coisa nossa

Jorge Ferreira

A memória e o guardião (em comunicação com o presidente da República: relação, influências, reciprocidade e conspiração no governo João Goulart)
Juremir Machado da Silva
Civilização Brasileira
364 páginas
R$ 47,90

A vida política brasileira é conhecida pela máxima "é dando que se recebe", sendo o sigilo a regra de ouro.

É nesse sentido que o livro de Juremir Machado da Silva surpreende o leitor. Nas páginas de *A memória e o guardião (em comunicação com o presidente da República: relação, influências, reciprocidade e conspiração no governo João Goulart)*, publicado pela Civilização Brasileira, é espantoso ler cartas com pedidos ao presidente Goulart (1919-1976), a maioria delas redigidas sem rodeios.

O livro é contundente ao demonstrar a falta de valores republicanos no país. A *res publica* (coisa pública) surge como *cosa nostra* (coisa nossa). Mas como Juremir teve acesso à documentação tão valiosa?

Wamba Guimarães, funcionário público dedicado e de confiança, era responsável por toda a correspondência que chegava ao presidente. Com o golpe de 1964, ele reuniu toda a documentação – cartas, telegramas, cartões de Natal, entre outros – em duas malas. Goulart pediu para que ele guardasse tudo e não revelasse a ninguém.

Durante as cinco décadas seguintes, Wamba foi guardião das malas que continham 927 documentos. Em 2003 ele faleceu. Segundo Juremir Machado da Silva, um neto de Wamba o procurou e deu informações sobre as malas. Um amigo de Juremir adquiriu os documentos, viabilizando a pesquisa.

O que o autor nos relata, com base na documentação, é de estarrecer. Com razão, ele afirma que Goulart "parece cercado por uma matilha voraz de pedintes". Segundo Juremir, "todos pedem. Incansavelmente". Jango recebia pedidos de deputados, senadores, governadores, sargentos, generais, prefeitos, trabalhadores, desempregados, membros do clero, estudantes, artistas, entre outros. Todos pedem, "de todos os lugares, de todas as regiões, de todos os quadrantes, a qualquer hora, todo o tempo". Fica a impressão de que a atividade mais importante do presidente era a de atender pedidos.

A começar por trabalhadores. Jango recebia solicitações de empregos, transferências, financiamento para transporte, ajuda para famílias numerosas. Nada muito diferente dos pedidos que Getúlio Vargas (1882-1954) recebia.

Quando vinha de governadores, senadores, deputados federais e estaduais, militares e ministros do Supremo Tribunal Federal (STF), a maioria dos pedidos era de indicação para cargos no serviço público para um amigo, parente, afilhado político ou para si próprio. As cartas eram assinadas pelo autor, sem nenhum temor – ou pudor.

Nepotismo era palavra desconhecida. Políticos e militares indicavam filhos para cargos públicos. Coronéis e generais também pediam liberação de empréstimos na Caixa Econômica Federal para comprar imóveis. "Pedir favores não era visto como corrupção", avalia Juremir.

O Banco do Brasil era um gigantesco cabide de empregos. Causa espanto saber que governadores, senadores ou deputados solicitavam nomeações para cargos no quinto escalão. O pedido de nomeação de um contínuo ou um porteiro em longínqua cidade do interior tinha o aval presidencial. Quando eu escrevi a biografia de Jango, sabia da existência dessas práticas, mas não poderia imaginar sua grandeza e extensão.

Goulart passava grande parte de seu tempo lendo cartas. Sempre que possível, atendia os pedidos. Juremir afirma que Jango conhecia a política brasileira e negar o pedido era ganhar um inimigo. Ele aceitava as regras do jogo, tentando, evidentemente, ganhar. Não ganhou. Muitos governadores, senadores, deputados e generais que fizeram pedidos a Jango – e foram atendidos – apoiaram o golpe de Estado em 1964.

Há muitos outros temas no livro, revelando relações políticas baseadas na influência, na reciprocidade e na lógica do "é dando que se recebe". Juremir nos deixa, inclusive, uma provocação: tanto o sistema dominante quanto a parte mais desfavorecida da população não esperavam que Jango mudasse o Brasil, mas que atendesse seus pedidos pessoais.

O livro vale a leitura. Mas fica uma sugestão ao autor. Que a rica documentação seja doada a um arquivo público, permitindo que outros pesquisadores tenham acesso e novas reflexões colaborem para compreender a maneira de fazer política no Brasil.

Jorge Ferreira é professor dos programas de Pós-graduação em História da Universidade Federal Fluminense (UFF) e da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e autor de *João Goulart: Uma biografia* (Civilização Brasileira, 2011).

Shozo Motoyama em 2020, no Museu Histórico da Imigração Japonesa no Brasil, em São Paulo

DIVULGAÇÃO / MUSEU HISTÓRICO DA IMIGRAÇÃO JAPONESA NO BRASIL

OBITUÁRIO

UM HISTORIADOR ENTRE DOIS MUNDOS

Shozo Motoyama desenvolveu pesquisas de referência sobre história da ciência e imigração japonesa no Brasil

Christina Queiroz

Pioneiro em estudos sobre a história das políticas científica e tecnológica (C&T) no país e referência em pesquisas sobre a imigração japonesa, o físico e historiador Shozo Motoyama morreu aos 81 anos no dia 26 de janeiro, em decorrência de um mal súbito. Docente aposentado da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP), era filho de imigrantes japoneses que se estabeleceram no interior paulista. Deixa a viúva Julia Mizuno Motoyama, dois filhos e três netos.

Graduado em física pela USP, em 1971 Motoyama passou a atuar como professor da instituição. No ano seguinte, defendeu a tese de doutorado "Galileu Galilei – Um estudo sobre a lógica do desenvolvimento científico", sob orientação do advogado e historiador Eurípedes Simões de Paula (1910-1977). "O doutorado lhe valeu o convite para se integrar ao corpo docente de história na FFLCH", conta o historiador Gildo Magalhães, diretor do Centro Interunidades de História da Ciência (CHC) da instituição. "Na nova carreira, Motoyama começou a orientar, de forma pioneira, a pós-graduação em história da ciência", destaca. No Japão, desenvolveu pesquisa de pós-doutorado no Laboratório de Ciência e Engenharia da Universidade Waseda e no Laboratório de Raios Cósmicos da Universidade de Tóquio, em 1975. Na volta ao Brasil, em 1988, criou o CHC, que se tornou um polo agregador de professores de várias unidades.

Motoyama escreveu mais de 30 livros sobre a história da ciência e da técnica. Segundo Magalhães, sua produção bibliográfica se intensificou a partir da coordenação conjunta com o ecólogo Mário Guimarães Ferri (1918-1985) da obra editada em três volumes, *História das ciências no Brasil* (Editora Pedagógica Universitária, 1979-1981). Ele também produziu uma série de livros sobre instituições, incluindo *50 anos do CNPq* (FAPESP, 2002).

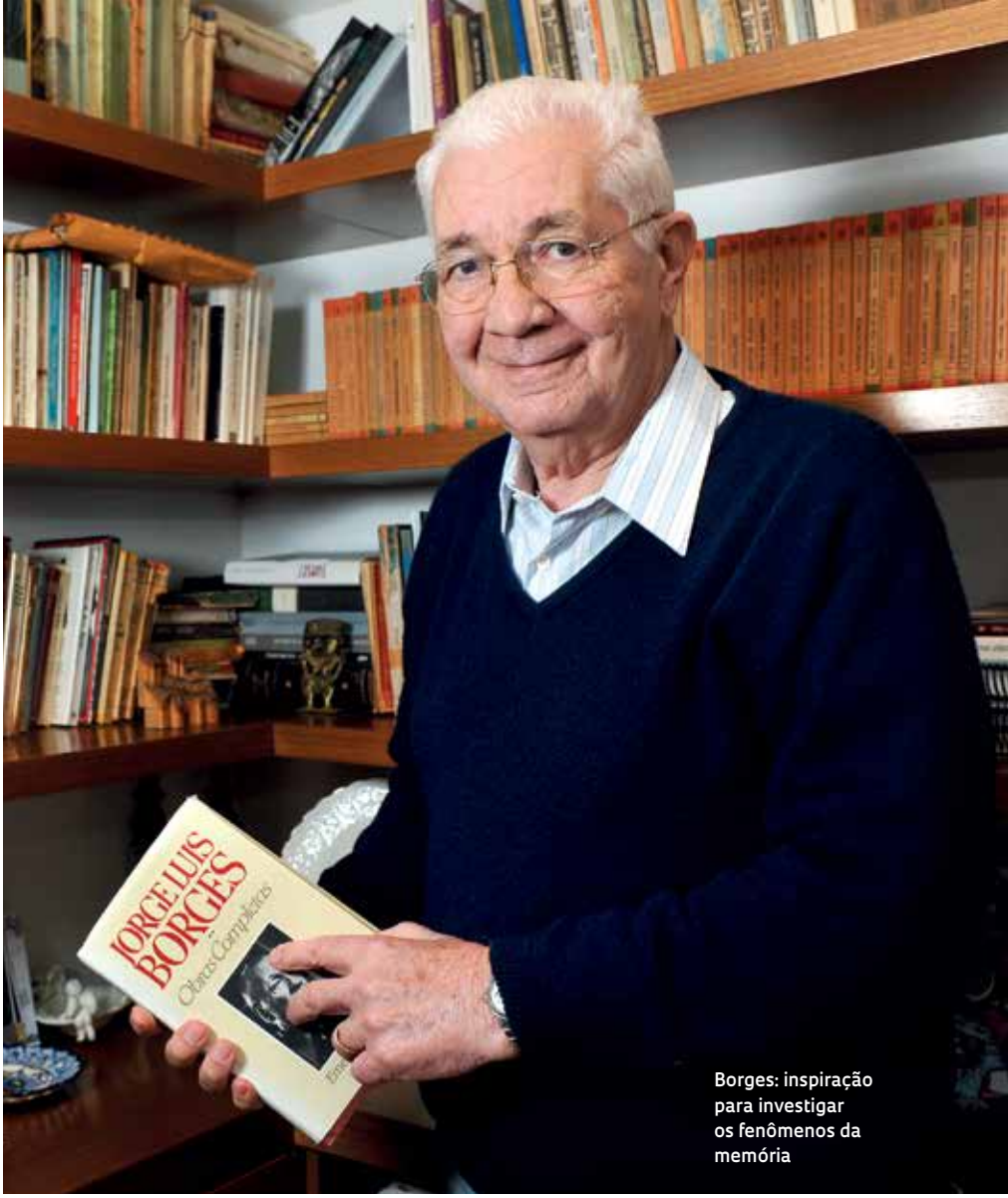
O engenheiro e físico Carlos Henrique de Brito Cruz, diretor científico da FAPESP entre 2005 e 2020, considera Motoyama uma das principais referências em história da ciência e da técnica no Brasil. "Ele liderou, com a física Amélia Hamburguer [1932-2011] e a historiadora Marilda Nagamine, um trabalho sobre a história da FAPESP que muito me ajudou – e ainda me ajuda – a conhecer os debates que contribuíram para a criação da Fundação. Todo pesquisador em São Paulo deveria lê-lo. Sua falta será sentida, como pesquisador, mentor e amigo", comenta, ao mencionar os livros *FAPESP: Uma história de política científica e tecnológica* (1999), *FAPESP 50 anos: Meio século de ciência* (2015), além de *Para uma história da FAPESP: Marcos documentais*. "Sua formação em física permitia que explicasse a evolução da ciência e tecnologia do nosso país de uma forma peculiar", comenta o engenheiro civil Vahan Agopyan, reitor da USP.

Mais tarde, seus estudos sobre a imigração japonesa resultaram em dois livros. Em 2011, publicou *Sob o signo do sol levante – Uma história da imigração japonesa no Brasil (1908-1941), volume I*; em 2016, *Do conflito* à *integração – Uma história da imigração japonesa no Brasil (1941-2008), volume II*. Próxima do historiador em seus últimos anos de vida, Leiko Matsubara Morales, coordenadora da Pós-graduação em Língua, Literatura e Cultura Japonesa no Departamento de Letras Orientais (DLO) da FFLCH-USP, conta que, em suas pesquisas, ele trouxe à luz conflitos que a comunidade japonesa enfrentou no processo de integração na sociedade brasileira, usualmente deixados de fora de narrativas históricas idealizadoras do processo. Outra colaboração fundamental envolve estudos e aulas sobre a modernização do Japão entre o final do século XIX e o começo do XX. "Parte do ineditismo das pesquisas do historiador está relacionada ao fato de ele trabalhar com fontes em japonês, na medida em que era fluente no idioma", conclui. ■

CRIADOR DE MEMÓRIAS

Nascido na Argentina, Iván Izquierdo ajudou a desvendar como o cérebro aprende e recupera as informações armazenadas e moldou gerações de pesquisadores brasileiros

Ricardo Zorzetto



Borges: inspiração para investigar os fenômenos da memória

No período em que foi professor na Escola Paulista de Medicina (EPM), em meados dos anos 1970, o neurocientista Iván Izquierdo mantinha afixado à porta de sua sala um cartaz escrito à mão: "Na dúvida, não entre". Era uma indicação da seriedade com que encarava o ofício de pesquisador. "Os alunos podiam bater à porta e entrar para discutir questões sobre seus experimentos. No horário de trabalho, não tinha essa história de jogar conversa fora", lembra o neurocientista Esper Cavalheiro, primeiro aluno de mestrado e de doutorado de Izquierdo na EPM, atual Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). A sisudez dos momentos de trabalho era quebrada nos intervalos para o cafezinho e em outros momentos de descontração, quando discorria apaixonadamente sobre música, literatura e esportes.

Então com 37 anos, Izquierdo havia chegado ali em 1975 e era um dos mais jovens professores titulares da universidade. Vindo de uma passagem rápida pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), depois de chefiar laboratórios em Buenos Aires e em Córdoba, na Argentina, Izquierdo já havia construído uma importante rede internacional de colaboradores e ascendia na carreira, que o tornaria conhecido como um dos mais importantes estudiosos do funcionamento da memória. "Izquierdo mostrou para a neurociência brasileira que era possível estabelecer colaborações internacionais e conversar de igual para igual com os principais pesquisadores da área no mundo", completa Cavalheiro, hoje professor emérito da Unifesp. "Ele ensinava seus alunos a pensar. Forjou nossa maneira de olhar a ciência, de identificar a pergunta fundamental no contexto da pesquisa e escolher os instrumentos necessários para respondê-la."

Filho de mãe croata e pai catalão, Iván Antonio Izquierdo nasceu em 1937 em Buenos Aires e cresceu em um período de efervescência cultural da capital argentina, à época uma das cidades mais cosmopolitas da América do Sul. Pelas mãos do pai, também cientista, e de um professor de espanhol, conheceu a obra do escritor argentino Jorge Luis Borges (1899-1986), que influenciaria seu interesse por estudar os mecanismos da memória. "Ele [Borges] levantou ou respondeu algumas das questões mais sérias sobre memória", escreveu Izquierdo em um ensaio autobiográfico publicado em 2011 na obra *Neuroscience in autobiography*, editada pela Oxford University Press.

Izquierdo entrou na escola médica da Universidade de Buenos Aires em

1955, meses antes de Bernardo Houssay (1877-1971), prêmio Nobel de Fisiologia em 1947 pela descoberta da regulação do metabolismo da glicose pelo sistema nervoso central, ser reintegrado à instituição. Na universidade, conviveu com outros grandes nomes da ciência, como Luis Leloir (1906-1987), Nobel de Química em 1970 por identificar as vias metabólicas da lactose, Eduardo Braun Menéndez (1903-1959), descobridor de um sistema de controle da pressão arterial, e Eduardo De Robertis (1913-1988), que identificou estruturas celulares importantes para o metabolismo de medicamentos. Ao final do segundo ano da graduação, Izquierdo apresentou a Houssay uma proposta de pesquisa, que pôs em prática no ano seguinte. "Meu projeto se mostrou errado, mas eu havia mordido a maçã pela primeira vez e apreciado o sabor", escreveria anos mais tarde. Por conselho de De Robertis, foi aprender neurofarmacologia com o pai, Juan Antonio Izquierdo, com quem fez a parte experimental de seu doutorado.

Durante o curso médico, Izquierdo passou duas temporadas de férias no Brasil, trabalhando no laboratório do neurofisiologista argentino Miguel Covian, na Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto. O país só começaria a entrar de modo definitivo em sua vida em 1962. Antes de partir para um estágio de pós-doutorado no laboratório do neurocientista uruguaio José Pedro Segundo na Universidade da Califórnia em Los Angeles, Estados Unidos, Izquierdo viajou à região de Porto Alegre e conheceu Ivone de Moraes, com quem se casaria e teria dois filhos: Juan e Carlos Eduardo.

FOTOS GILSON OLIVEIRA / DIVULGAÇÃO PUC-RS

Izquierdo em seu laboratório no Instituto do Cérebro que ajudou a criar na PUC-RS

Terminado o estágio de dois anos, retornou como professor assistente à Universidade de Buenos Aires, que pagara seu período no exterior. Dois anos mais tarde, aceitou o convite para ser professor titular de farmacologia na Universidade Nacional de Córdoba, a segunda mais antiga das Américas, onde permaneceria até 1973, quando a situação política do país se tornou complicada demais por causa da ditadura militar.

Após uma ameaça anônima por telefone, Izquierdo decidiu deixar a Argentina. Com a ajuda de um aluno de doutorado brasileiro, Mario Tannhauser, obteve indicação para um posto na UFRGS, à época com pouca tradição em pesquisa. O que deveria ser uma parada antes do retorno aos Estados Unidos se alongou. Em 1975, assumiu uma posição mais interessante na EPM, onde o ambiente de pesquisa era mais vigoroso e atraente. "Izquierdo foi meu professor na graduação e, em grande medida, me inspirou e formou muitas gerações de neurocientistas", afirma Luiz Eugênio Mello, diretor científico da FAPESP e também neurocientista.

Em 1977, Tuiskon Dick, então diretor do centro de Biociências da UFRGS, cumpriu uma promessa feita anos antes e montou na universidade um laboratório com condições adequadas para que Izquierdo retornasse. Dick não aceitara a demissão de Izquierdo e lhe havia concedido uma licença por tempo indeterminado. A volta a Porto Alegre foi definitiva. Izquierdo permaneceu na UFRGS até sua aposentadoria em 2003 e depois migrou para a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), onde ajudou a criar e dirigir o Instituto do Cérebro. "Fui um neurocientista argentino durante a primeira metade da minha vida e um neurocientista brasileiro na segunda metade. Legalmente, tenho as duas nacionalidades, o que me deixa feliz por ter conseguido instalar nos dois países centros de pesquisa em memória e bons centros de neurociências", escreveu em 2011.

Teve uma carreira prolífica. Publicou mais de 600 artigos científicos, citados ao menos 25,7 mil vezes por outros grupos. Seus trabalhos ajudaram a desvendar os mecanismos bioquímicos que o cérebro usa para registrar e reter informações novas e também para resgatá-las, modificá-las e até se desfazer delas. Ele também demonstrou que as memórias de curta duração e de longa duração são independentes, formadas por processos que ocorrem em paralelo. "Seus trabalhos sobre extinção da memória têm uma aplicação potencial importante no tratamento de estresse pós-traumático", conta o bioquímico Sergio Ferreira, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que estuda doenças neurodegenerativas.

"Ele foi realmente um pioneiro e uma voz de clareza em um campo de estudo às vezes confuso e controverso", afirma o neurocientista Mark Bear, pesquisador do Instituto Picower de Aprendizado e Memória do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). "Seu trabalho guiou alguns de nossos experimentos-chave, e sempre replicamos o que ele descobriu. Esse é um dos maiores elogios que posso oferecer."

Izquierdo orientou 50 dissertações de mestrado e 62 teses de doutorado, além de ter escrito livros técnicos, de divulgação científica e de literatura. Recebeu mais de 140 prêmios e títulos e foi membro da Academia Brasileira de Ciências e da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos. "Iván era uma figura muito querida. Fez muito pela ciência brasileira, pela dimensão mundial que sua contribuição científica atingiu", afirma o neurocientista Roberto Lent, da UFRJ, e coordenador do Instituto Nacional de Neurociência Translacional, do qual Izquierdo participou até recentemente.

Iván Izquierdo morreu aos 83 anos em sua casa, em Porto Alegre, no dia 9 de fevereiro, em decorrência de uma pneumonia bacteriana. Tinha sinais leves de Parkinson e fazia algumas semanas que havia se recuperado de um quadro grave de Covid-19. Deixa a mulher, dois filhos e quatro netos. Frustrado por não ter conseguido se dedicar ao violão clássico, deliciava-se quando era acordado em algumas noites por seu neto Felipe tocando músicas de Johann Sebastian Bach, Ferdinando Sor ou Francisco Tárrega. "É o mais perto do céu que se pode chegar ainda em vida", deixou registrado. ■

Os caminhos abertos pela primeira vacina

Erradicação da varíola há 50 anos no Brasil aplicou técnicas e conceitos usados até hoje para conter epidemias

Carlos Fioravanti

Há 50 anos, em abril de 1971, 19 moradores da Vila Cruzeiro, uma comunidade de baixa renda no bairro da Penha, na zona norte da cidade do Rio de Janeiro, foram os últimos a terem varíola no Brasil. Também acompanhados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), Bangladesh, em 1975, e Somália, dois anos depois, fizeram os derradeiros registros da doença que na década anterior causava uma mortalidade próxima a 30% das pessoas infectadas, após fazê-las sofrer com bolhas que cobrem o corpo todo antes de se abrir e liberar um líquido amarelado cheio de pus.

Como nenhum outro caso foi notificado nos anos seguintes, em 1980 a Organização Mundial da Saúde (OMS) reconheceu a erradicação da varíola no mundo. Causada pelo vírus *Poxvirus variolae*, transmitido de pessoa a pessoa ou por roupas e objetos contaminados, essa doença perseguira a humanidade durante milênios. "A varíola não é apenas a doença para a qual foi desenvolvida a primeira vacina, antes mesmo do desenvolvimento da microbiologia, mas também a primeira que foi erradicada por meio de ações de saúde pública em escala mundial", afirma a epidemiologista Rita Barradas Barata, da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo.

A campanha de erradicação da varíola no Brasil foi a única que atingiu plenamente seus objetivos. A da malária, embora não tenha conseguido eliminar o problema, reduziu sua área de transmissão, que abrangia todo o país na década de 1940 e a partir dos anos 1970 ficou restrita à região Norte, informa o médico epidemiologista Eliseu Alves Waldman, da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP-USP). Segundo ele, a febre amarela foi o alvo da primeira campanha de erradicação nas Américas, no início do século, mas a identificação do ciclo silvestre da doença a inviabilizou. Em seguida, outra campanha visou a eliminação do mosquito *Aedes aegypti*, transmissor da febre amarela e da dengue. As duas experiências "permitiram o desenvolvimento de estratégias de trabalho de campo que foram úteis no combate à varíola", diz Waldman.

A perspectiva de erradicar a varíola assentava-se sobre as características do vírus, da doença e da possibilidade de

1

2

Multidão em Itajaí (SC) em 1970 para ser vacinada (*foto maior*). Cicatrizes marcavam o corpo de quem sobrevivia à doença, como a mulher acima

usar uma vacina com uma eficácia de 95%. O vírus da varíola é de DNA, geneticamente estável, de um tipo único (sem variações), exclusivo de seres humanos. Já o Sars-CoV-2, causador da Covid-19, é um vírus de RNA, que sofre mutações e vive em outros animais. "A infecção variólica tinha um curso bem definido", diz Waldman. "O aparecimento de lesões de pele, os exantemas, coincidia com o início da eliminação do vírus, portanto o isolamento era uma medida efetiva, que diminuía o risco de transmissão." Diferentemente do que ocorre com a Covid-19, não havia transmissão entre pessoas assintomáticas.

Apoiada em orientações da OMS, a campanha de erradicação da varíola no Brasil adotou conceitos e técnicas de trabalho em saúde pública usados até hoje para conter surtos ou epidemias de novas doenças. Uma das estratégias, a vacinação de bloqueio, aplicada em moradores da vizinhança de um caso confirmado ou suspeito, logo após o registro de um único caso, ajudou a conter o reaparecimento do sarampo nos últimos 20 anos e é utilizada no plano de erradicação da poliomielite. O isolamento de pessoas doentes, adotado para conter a varíola, é uma prática antiga que tem sido útil para diminuir o contágio do novo coronavírus. Quem nasceu antes de 1971 talvez se lembre de uma inovação das campanhas contra varíola daquele período: as pistolas usadas para vacinar com rapidez milhares de pessoas no mesmo dia e adotadas também na década de 1970 contra a meningite.

"A experiência com a erradicação da varíola nos trouxe chão para implantar em 1973 o Programa Nacional de Imunizações [PNI] e em 1975 o Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica [SNVE]", diz Tania Maria Fernandes, historiadora da Casa de Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz (COC-Fiocruz) do Rio de Janeiro e autora de *Vacina*

FOTOS 1 ACERVO DA CASA DE OSWALDO CRUZ
2 L. DALE / WORLD HEALTH, MAIO DE 1980

antivariólica: Ciência, técnica e o poder dos homens, 1808-1920 (Editora Fiocruz, 2010). O PNI, integrando as equipes federais, estaduais e municipais de saúde, distribui 19 vacinas contra doenças infecciosas em recém-nascidos, crianças e adultos. O SNVE nasceu a partir das unidades usadas para identificar os casos novos de varíola, centraliza informações sobre doenças de notificação obrigatória e tem sido usado para combater doenças como a poliomielite e agora a Covid-19.

Técnico injeta partículas virais em ovos para produção da vacina, em Bangladesh, 1962

1

RELATOS ANTIGOS

A varíola pode ter sido a causa da morte de um terço da população de Atenas, na Grécia, em 430 a.C. Trazida pelos colonizadores europeus, foi uma das enfermidades que contribuíram para a eliminação dos povos nativos da América do Sul no século XVI. No Brasil, o primeiro surto de que se tem notícia foi em 1563, na ilha de Itaparica, em frente à cidade de Salvador, na Bahia, matando principalmente indígenas.

Em 1904, os quase 7 mil casos registrados na cidade do Rio de Janeiro, então capital do país, motivaram o médico Oswaldo Cruz (1872-1917) a propor a ampliação da vacinação, já obrigatória; o protesto da população, conhecido como Revolta da Vacina, terminou com 945 presos, 30 mortos, 110 feridos e 461 pessoas deportadas para o Acre. Em um livro publicado em 2009, *Smallpox – The death of a disease* (Varíola – A morte de uma doença), o epidemiologista norte-americano Donald Henderson (1928-2016), que comandou a campanha da OMS, estimou que a varíola deve ter causado a morte de 300 milhões a 500 milhões de pessoas no mundo ao longo do século XX.

A imunização contra essa enfermidade era uma prática antiga. Os antigos chineses coletavam as crostas das feridas das pessoas com varíola, pulverizavam-nas e as sopravam nas narinas de outras pessoas para fazê-las ganhar imunidade contra a doença. No fim do século XVII, médicos de Constantinopla removiam o líquido das feridas dos doentes e molhavam nele uma agulha, que usavam para fazer pequenas incisões em pessoas sadias.

Foi o médico inglês Edward Jenner (1749-1823) quem disseminou a vacinação na Europa, a partir de 1796. Ele observou que mulheres que ordenhavam vacas não contraíam varíola se tivessem adquirido antes o vírus próprio de animais, mais brando que o dos seres humanos, ao qual era semelhante. Jenner coletou o pus da mão de uma ordenhadora, que havia tido a varíola bovina, e o inoculou em um garoto saudável, de 8 anos. O menino contraiu a forma amena da doença, ficou curado e, quase dois meses depois, Jenner inoculou nele o líquido de varíola humana. Como não adoeceu, deduziu-se que estava imune. Jenner repetiu a experiência em outras pessoas, incluindo o próprio filho. Alguns anos depois, outros médicos europeus adotaram essa técnica.

No início do século XX já se produzia a vacina com o vírus Vaccinia, que causa a varíola bovina, no Instituto Oswaldo Cruz, no Rio, no Instituto Butantan, em São Paulo, e por laboratórios de outros

2

3

Para atingir mais pessoas em menos tempo, a vacinação com agulha bifurcada (*à esq.*) foi substituída pela com pistola de pressão (*ao lado*)

Agentes da saúde paravam caminhões como este, no Maranhão, em 1969, para vacinar seus passageiros

4

estados. "A imunidade conferida pela vacina era duradoura e poderia durar a vida inteira", diz Barata. "A inoculação da vacina provocava uma infecção local que deixava uma cicatriz indelével, permitindo aos serviços de saúde saber quem havia e quem não havia sido vacinado."

No Brasil, depois de mais de meio século de ações esparsas, em janeiro de 1962 o então presidente João Goulart (1919-1976) criou a Campanha Nacional contra a Varíola (CNCV). A vacinação levou a uma redução de 9.600 casos e 160 mortes, em 1962, para 3.623 casos e 20 mortes, em 1966, quando a CNCV foi extinta e criada a Campanha de Erradicação da Varíola (CEV), em resposta à pressão internacional. "Mesmo com um discurso internacional claro a favor da eliminação da varíola, o Brasil criou a campanha de erradicação somente em 1966", observa Fernandes.

O médico paulista Cláudio do Amaral Jr. (1934-2019), coordenador da CEV de 1970 a 1971, reforçou a vigilância de casos novos e a vacinação em massa, principalmente aos sábados e domingos. "Festas populares, romarias, encontros religiosos, feiras, manifestações artísticas populares, quartéis, escolas públicas, paradas de ônibus e grandes empresas foram locais utilizados para vacinação em massa", comentou o cientista político e historiador da saúde Gilberto Hochman, da COC-Fiocruz, em um artigo publicado em 2011 na revista *Ciência e Saúde Coletiva*. "As equipes deveriam estar preparadas para estender a vacinação até a noite para dar conta de todos os que compareciam."

O próprio Amaral ia às escolas para conversar com professores e estudantes. Uma vez, em Nova Iguaçu, no estado do Rio, cercou-se de crianças do primeiro ano, falou da varíola e mostrou fotos de pessoas com as bolhas na pele decorrentes da infecção pelo vírus. Em seguida, ele contou que as crianças só teriam aquela doença se não fossem vacinadas, mostrou o injetor, explicando que não era um revólver, e perguntou quem queria ser vacinado. "Todos quiseram", ele contou em uma entrevista concedida a Fernandes, Hochman e Daiana Chagas. Terminada a campanha no Brasil, Amaral trabalhou por cinco anos na Índia e outros cinco na Etiópia ajudando a combater a varíola. "O mais notável nesse esforço todo foi conseguir levar a vacina aos locais mais remotos do mundo, garantindo uma cobertura muito alta, capaz de interromper completamente a circulação viral", observa Barata.

A varíola desapareceu, o vírus que a causa está guardado em laboratórios de alta segurança e apenas militares ainda são vacinados. O fim da vacinação no mundo, em 1980, porém, criou dois problemas. Um deles, aponta Waldman, foi a perda da chamada imunidade cruzada para os outros integrantes da família dos poxvírus, que também eram bloqueados e, sem a vacina, poderiam chegar às pessoas mais facilmente. De janeiro a setembro de 2020 na República Democrática do Congo, por exemplo, a OMS registrou 4.594 casos suspeitos, com 171 mortes, de monkeypox, vírus similar ao da varíola, que também causa lesões de pele, embora com uma letalidade menor; os reservatórios desse vírus são macacos e pequenos roedores. O outro problema é o receio de que grupos terroristas possam obter o vírus da varíola e usá-lo como arma biológica, já que atualmente a vacina é aplicada somente em militares. No Brasil, a população civil com menos de 50 anos não a recebeu. ■

FOTOS 1 STAN FOSTER/CDC 2 ACERVO MUSEU DE SAÚDE PÚBLICA EMÍLIO RIBAS/INSTITUTO BUTANTAN 3 E 4 ACERVO DA CASA DE OSWALDO CRUZ

Um outro diploma

Segunda graduação amplia conhecimentos e permite redefinir ou ajustar o rumo da carreira profissional

Em busca de oportunidades para mudar de área ou mesmo trilhar um novo caminho na profissão, tornaram-se comuns os casos de profissionais já diplomados que voltam à universidade para cursar uma segunda graduação. Para receber candidatos que já possuem um diploma de nível superior, instituições de ensino mantêm processos de seleção alternativos ao tradicional vestibular e ao Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), podendo os aspirantes já graduados ser aceitos por meio de análise de currículo e histórico acadêmico, cartas de intenção e entrevistas.

"Para quem busca expandir as possibilidades de atuação profissional, a segunda graduação passou a ser considerada um diferencial de currículo pelo fato de propiciar uma formação mais sólida e aprofundada do que os conteúdos oferecidos por cursos de especialização", afirma Alexandra Geraldini, pró-reitora de graduação da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP).

A decisão de cursar uma segunda faculdade deve, no entanto, considerar o tempo disponível para os novos estudos, uma vez que a carga horária – e, consequentemente, a frequência das aulas – costuma ser maior do que nos cursos de curta duração. Modalidades de educação a distância (EaD) ou aquelas que formam tecnólogos, por exemplo, duram em média três anos e constituem alternativa muitas vezes mais factível para quem precisa conjugar a sala de aula com o trabalho.

Além dos profissionais que anseiam descobrir novos horizontes ou ampliar os conhecimentos já adquiridos, há também os que buscam uma nova graduação porque não se identificaram com a primeira faculdade, mas não quiseram trancar ou desistir da formação por já terem cumprido grande parte das disciplinas. "Em algumas áreas há também uma questão legal, de pré-requisitos. A formação em pedagogia, por exemplo, além da docência, é obrigatória para quem quer assumir cargos de gestão na educação básica", observa Geraldini. "Por sua vez, advogados ou administradores que trabalham em empresas de auditoria podem buscar a graduação em contabilidade para estarem autorizados a assinar um balanço", completa.

De modo geral, universidades que mantêm programas de ingresso para portadores de diploma de ensino superior oferecem vagas remanescentes, não preenchidas com a seleção do vestibular. Na PUC-SP, há vagas na maioria das carreiras, à exceção de medicina, direito, relações internacionais e psicologia. "Como são cursos bastante procurados, todas as vagas são preenchidas por meio de vestibular ou pela classificação do Enem", explica Geraldini. Ela lembra, porém, que graduados podem concorrer a vagas que surgem no decorrer dos cursos, por desistência ou transferência de matriculados. Para concorrer, o candidato deve apresentar uma cópia do histórico escolar, para verificação de equivalência de disciplinas, e uma carta de intenção descrevendo o interesse pela vaga.

Entrevistas com os coordenadores e, dependendo do curso, uma prova de conhecimentos gerais integram o processo. "O que mais pesa em nossa análise é o mérito acadêmico do candidato, ou seja, a qualidade das notas e o desempenho evidenciado pelo currículo", explica. Na PUC, as informações sobre vagas para diplomados são divulgadas em editais publicados ao final de cada semestre. A instituição tem recebido, em média, uma centena de alunos selecionados dessa forma a cada ano.

Na Universidade de São Paulo (USP), o ingresso de graduados pode ocorrer em cursos menos concorridos, de acordo com a disponibilidade de vagas que surgem após as matrículas dos aprovados no vestibular e da conclusão do período de transferências. As regras variam de acordo com os editais publicados em cada unidade de ensino. Para os cursos mais concorridos, o ingresso se dá exclusivamente via vestibular ou nota do Enem. Na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP), uma vez por ano há a seleção de graduados, realizada por intermédio de prova de conhecimento específico, entrevista e análise de currículo e de histórico escolar. Não há um número fixo de vagas ofertadas.

Com uma média de 450 a 500 vagas remanescentes oferecidas todos os semestres, na Universidade Presbiteriana Mackenzie os portadores de diploma de nível superior ficam isentos da realização de uma prova caso o número de candidatos não seja maior do que o de vagas pleiteadas. Basta que a documentação esteja de acordo com o edital e passe pela aprovação da coordenação do curso. "Caso o número de interessados seja maior do que as vagas ofertadas, partimos para a análise do histórico, entrevista e prova de conhecimentos gerais", explica Milton Pignatari, coordenador de processos seletivos da instituição. Ele destaca o fato de que grande parte dos candidatos que procuram a segunda graduação busca áreas completamente diferentes da primeira formação, sugerindo o desejo de um rumo totalmente novo à carreira. "Em aproximadamente 90% dos casos observamos situações em que psicólogos buscam formação em direito ou engenheiros que querem cursar administração. Raramente os profissionais estão interessados em uma área correlata", avalia. Aprofundar-se em uma nova área de interesse ou realizar um sonho antigo está entre as justificativas mais frequentes dos candidatos.

A indecisão na hora de escolher a primeira graduação também pode resultar, poucos anos depois de obtido o diploma, na busca por uma nova profissão. "A dúvida é maior entre os mais jovens, que com 17 ou 18 anos já têm de decidir sobre a carreira", avalia Rogério Massaro Suriani, assessor acadêmico da Fundação Armando Álvares Penteado (Faap), de São Paulo. A incerteza muitas vezes leva à escolha de cursos com áreas de atuação mais abrangentes, como os de administração, por exemplo. "Com o passar do tempo, profissionais que já estão atuando procuram uma segunda graduação de forma mais consciente, com mais certeza sobre o campo em que desejam atuar", comenta. Formado em engenharia naval e oceânica pela USP, o próprio Suriani decidiu mudar de rumo ao cursar a segunda graduação em tecnologias e mídias digitais, na PUC-SP. "Por ter começado a atuar no campo da educação como professor e na área de tecnologia educacional, senti a necessidade de buscar conhecimentos específicos", conta.

LICENCIATURA

Profissionais graduados em cursos de licenciatura que pretendem atuar em áreas diferentes podem pleitear a equivalência das disciplinas de cunho pedagógico, desde que haja compatibilidade dos conteúdos e da carga horária entre as matrizes curriculares. "A aprovação dessas equivalências, no entanto, depende das coordenações de cada curso, uma vez que pode haver diferenças de nomenclatura de uma instituição para outra", diz Pignatari, da Mackenzie. Caso sejam confirmadas as equivalências, uma nova licenciatura pode ser concluída em quatro ou cinco semestres. Licenciaturas presenciais e a distância são incompatíveis entre si para efeitos de equivalência.

É possível, no entanto, encontrar instituições que oferecem a segunda licenciatura em apenas um ano. Já bacharéis e tecnólogos que buscam atuar como docentes da educação básica podem recorrer a uma capacitação pedagógica específica para não licenciados, com duração de seis a 18 meses, inclusive em formato EaD. Há, porém, a exigência de que a licenciatura escolhida esteja relacionada com a área de formação original. ■

Sidnei Santos de Oliveira

Para escolher uma nova graduação

1 Se a intenção for mudar de área, levante informações sobre o mercado de trabalho da nova profissão pretendida

2 Verifique sua disponibilidade de tempo para os estudos

3 Considere as possibilidades de formação tecnológica ou na modalidade de EaD

4 Calcule os custos da nova graduação

5 Avalie a possibilidade de obter descontos ao cursar a segunda graduação na mesma instituição em que concluiu a primeira

6 Analise as oportunidades que o novo curso pode trazer a longo prazo

ILUSTRAÇÕES ANNA CUNHA

Mello confere maquete do telescópio espacial James Webb, no Space Telescope Science Institute de Maryland, 2009

TOMMY WIKLIND

PERFIL

Dança das galáxias

Colaboradora da Nasa há mais de duas décadas, astrônoma brasileira foi responsável pelo descobrimento de supernova

Interessada desde criança em compreender como teve início a vida na Terra, foi por intermédio da astronomia que a pesquisadora Duilia de Mello buscou as respostas para a maioria de suas dúvidas existenciais. "Fui uma menina muito curiosa, gostava de coisas do espaço e do Universo. Fazia muitas perguntas, grande parte das vezes sem receber explicação para o que eu queria saber", afirma a cientista, que se tornou especialista no estudo evolutivo das galáxias e hoje é vice-reitora da Universidade Católica de Washington, nos Estados Unidos, onde também lecionou física e astronomia.

Responsável pela descoberta da Supernova 1997-D, identificada por ela em 1997 no observatório de Cerro Tololo, no Chile, durante investigação sobre galáxias em ambientes densos, Mello localizou também um conjunto inédito de estrelas órfãs entre as galáxias M81 e M82, em 2008, que foi intitulado de bolhas azuis. Caracterizadas por explosões brilhantes e que resultam na formação de novas estrelas, supernovas são as grandes responsáveis pela disseminação de elementos químicos no Cosmo. "Elas contam a história da gente, da origem da vida, pois todos os elementos químicos da natureza são formados dentro das estrelas", afirma. Em 1997, foi contratada pelo Instituto do Telescópio Espacial Hubble para desenvolver pesquisas sobre galáxias com surto de formação estelar, onde também integrou a equipe responsável por captar imagens das profundezas do Universo.

Nascida em Jundiaí, interior do estado de São Paulo, Mello passou parte da infância em Belo Horizonte (MG) até mudar-se com a família para o Rio de Janeiro. A decisão de cursar a faculdade de astronomia, concluída na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em 1986, foi tomada aos 16 anos, quando visitou pela primeira vez o Observatório do Valongo, onde está localizado o curso de graduação. "A carreira de astrônomo permite que se trabalhe com divulgação científica em planetários, na área de telecomunicações, com o monitoramento de satélites, ou mesmo na computação e análise de dados. Mas o que queria mesmo era estudar as profundezas do Universo", recorda.

No mestrado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), Mello especializou-se em galáxias em colisão. "Ao passarem por interações devido à força da gravidade, elas dançam uma ao redor da outra. Com isso, acabam se fundindo e formando uma galáxia só", explica. Durante o doutorado na Universidade de São Paulo (USP), conheceu um grupo de pesquisadores da Universidade do Alabama, especialistas no tema. Decidiu passar um período nos Estados Unidos e lá concluiu seu segundo mestrado, em 1993. "Na ocasião, estudei a composição química das galáxias em colisão associada às populações estelares, tema que continuei a desenvolver no meu doutorado ao retornar à USP."

Desde 2016 Mello mantém o projeto Mulher das Estrelas, que incentiva jovens brasileiros, em especial meninas, a seguirem carreiras científicas. Em palestras em escolas e eventos científicos, ela tenta desconstruir a ideia de que a ciência é algo difícil de alcançar. "Falo para eles que ser genial é dedicar-se aos estudos, prerrogativa indispensável para se tornar um grande pesquisador", completa a autora de *Vivendo com as estrelas* (Panda Books, 2009). ■ S. S. O.

PODCAST PESQUISA BRASIL EM MAIS PLATAFORMAS

Ficou mais fácil ouvir o programa de rádio da revista Pesquisa Fapesp. Você também pode assinar, baixar e ouvir nos seguintes aplicativos:

Apple podcasts | Deezer | Google podcasts | Spotify

ILUSTRAÇÃO FREEPIK.COM

Rádio USP FM — São Paulo e Ribeirão Preto
Sexta-feira às 13h

Reapresentação
Sábado, às 18h, quinta-feira, às 2h

Web Rádio Unicamp (rtv.unicamp.br)
Segunda-feira, 13h

revistapesquisa.fapesp.br/podcasts

Pesquisa BRASIL (uspfm)