

Pesquisa

FAPESP

NOVEMBRO DE 2019 | ANO 20, N. 285

OS LIMITES DA AMAZÔNIA

O desafio de desenvolver
a região sem destruir a floresta
e agravar a crise climática

Pesquisadores
indígenas
ampliam o olhar
dos estudos
acadêmicos

Embrapa lança
produto que
ajuda plantas
a absorver
fósforo do solo

Brasil busca
inserção
no mercado de
baterias para
veículos elétricos

FNDCT, que
financia a ciência
no país há
50 anos, tem
futuro incerto

Testes de
laboratório
tentam melhorar
o diagnóstico
de zika



BBEST 2020

BRAZILIAN BIOENERGY SCIENCE
& TECHNOLOGY CONFERENCE

March 30th to April 1st, 2020 - São Paulo, Brazil

BBEST 2020 **TREND** TOPICS

BIOMASS | BIOREFINERIES | BIOFUEL TECHNOLOGIES

BIOFUEL ENGINES AND APPLICATIONS TO AVIATION | SUSTAINABILITY

Join top experts
from the Biofuture
Platform,
International
Energy Agency,
FAPESP Bioenergy
Program at this
landmark
Conference

SUBMIT YOUR ABSTRACT FROM
SEPTEMBER 1ST TO NOVEMBER 1ST 2019

Registration is open

<https://bbest.org.br/>
contact: bbest@bbest.org.br

Confirmed speakers

Aida Lorenzo (Renewable Fuels Association)
Artur Yabe Milanez (BNDES)
Carlos Henrique de Brito Cruz (FAPESP)
Christian Davies (Shell)
Dirk Smit (Shell)
Flavia Vischi Winck (USP)
Floor Van Der Hilst (Utrecht University)
Francesco Cherubini (Norwegian University of Science and Technology)
Franziska Müller-Langer (German Biomass Research Center)
Glaucia Mendes Souza (USP)
Gonçalo A. Guimarães Pereira (UNICAMP)
Goran Berndes (Chalmers University of Technology)
Heitor Cantarella (Agronomic Institute of Campinas)
Henrik Vibe Scheller (University of California)
Hermann Paulo Hoffman (RIDESA, UFSCAR)
Jack Saddler (University of British Columbia)
Jim McMillan (NREL)
Jim Spaeth (BETO. IEA Bioenergy)
Joaquim Seabra (UNICAMP)
Luc Pelkmans (IEA Bioenergy)
Luiz Augusto Horta Nogueira
Luiziana Ferreira da Silva (USP)
Mahdi Abu-Omar (University of California)
Marcelo Menossi Teixeira (UNICAMP)
Marcos Silveira Buckeridge (USP)
Mateus Schreiner Garcez Lopes (Braskem)
Miguel Ivan Oliveira (MME)
Nick Carpita (Purdue University)
Otávio Cavalett (Lab. Nacional de Biorrenováveis /CNPEM)
Plinio Nastari (Datagro)
Renato D. Godinho (Biofuture)
Ricardo Abe (Nissan)
Rubens Maciel Filho (UNICAMP)
Stephen Karekesi (African Energy Policy Research)
Thelma Krug (IPCC)
Toshimasa Masuyama (Irena)
Uwe R. Fritsche (IINAS)
Walter Maccheroni Junior (São Martinho)

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



Até que o arqueólogo os separe

Um homem e uma mulher repousaram juntos, após a morte, por mais de 8 mil anos na Lapa do Santo, Minas Gerais. Em julho deste ano seus esqueletos foram encontrados e removidos para pesquisa. É raro encontrar duas pessoas juntas nos sepultamentos, embora esse sítio arqueológico se destaque exatamente pelos rituais funerários preservados no solo.

Imagem enviada por Rodrigo Elias Oliveira, pesquisador do Laboratório de Arqueologia, Antropologia Ambiental e Evolutiva da Universidade de São Paulo



3 FOTOLAB

6 COMENTÁRIOS

7 CARTA DA EDITORA

8 BOAS PRÁTICAS

Universidade britânica classifica resultados de pesquisador proeminente como não confiáveis

11 DADOS

Doutorado no Brasil e em São Paulo (2018)

12 NOTAS

ESPECIAL AMAZÔNIA

18 A Amazônia leva umidade para as demais regiões do Brasil e a outros continentes

24 Estação seca se prolonga no sul da floresta, enquanto o noroeste se mantém úmido

30 Para o ecólogo Paulo Moutinho, do Ipam, a sociedade já provou que sabe preservar a floresta

32 Desenvolvimento sustentável exige mudança na agropecuária e aprimoramento do extrativismo

40 O químico Lauro Barata promove o uso de óleos, frutos e sementes do Norte em produtos

POLÍTICA C&T

44 Grupos de pesquisa que cooperam com empresas têm produção científica maior

48 O bioquímico britânico Richard Sever propõe a publicação obrigatória de resultados preliminares em repositórios públicos

50 Principal fundo de financiamento à ciência no Brasil, FNDCT completa 50 anos esvaziado

53 Gincana científica na Unicamp desafia estudantes a produzir água limpa

CIÊNCIA

56 Artigo sobre experimento com mosquitos transgênicos na Bahia causa cisão entre autores

60 Distinguir infecção por zika da dengue é o desafio de 48 testes laboratoriais aprovados

64 Diabetes tipo 1 apresenta associação à alteração na microbiota do intestino

66 Imagem registra sistema formado por duas estrelas em rede de filamentos de gás e poeira

68 Torcer e destorcer fibras de elástico esfria água em até 7 °C

Leia no site todos os textos da revista em português, inglês e espanhol, além de conteúdo exclusivo

VÍDEO [YOUTUBE.COM/USER/PESQUISAFAPESP](https://www.youtube.com/user/pesquisafapesp)

NOVEMBRO 285

TECNOLOGIA

70 Iniciativas brasileiras buscam inserção no mercado de baterias de lítio para veículos elétricos

76 Embrapa lança primeiro produto nacional que permite às plantas capturar fósforo do solo

HUMANIDADES

80 Presença recente de indígenas na pós-graduação amplia horizontes de pesquisa

86 Revista acompanha há 20 anos investigação pioneira sobre relações entre Legislativo e Executivo federais



▶ **Como proteger os tubarões**

Grupo de pesquisa coordenado pelo engenheiro de pesca Fábio Hazin, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, acompanha tubarões oceânicos e considera zonas de pesca para propor áreas de preservação bit.ly/twVTubarao



▶ **Programas monitoram o desmatamento na Amazônia**

Sistema Prodes e Deter, desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), têm funções distintas e complementares. Entenda quais são bit.ly/twVInpe

PODCAST [BIT.LY/PESQUISABR](https://bit.ly/pesquisabr)

ENTREVISTA: LUCAS RIBEIRO

O bioquímico Lucas Ribeiro, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, fala sobre bactérias que parecem estar adaptadas às Unidades de Terapia Intensiva dos hospitais bit.ly/twLucasRibeiro



91 RESENHA
Registro de uma vivência,
de Lucio Costa.
Por Karl Erik Schøllhammer

92 MEMÓRIA
Primeiro dicionário brasileiro de anatomia trouxe termos em tupi sem equivalência em português

95 CARREIRAS
Iniciativa propõe tornar pôsteres acadêmicos mais funcionais e atraentes

1. Castanhas originárias da Amazônia
2. Índia tupi retratada por Albert Eckhout, 1641

Conteúdo a que a
mensagem se refere:

- Revista impressa
- Reportagem on-line
- Galeria de imagens
- Vídeo
- Rádio

CONTATOS

revistapesquisa.fapesp.br

redacao@fapesp.br

PesquisaFapesp

PesquisaFapesp

pesquisa_fapesp

Pesquisa Fapesp

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
ou ligue para
(11) 3087-4237,
de segunda a sexta,
das 9h às 19h

Para anunciar

Contate: Paula Iliadis
Por e-mail:
publicidade@fapesp.br
Por telefone:
(11) 3087-4212

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.
Por e-mail:
mpiliadis@fapesp.br
Por telefone:
(11) 3087-4212

COMENTÁRIOS cartas@fapesp.br

Ciência sob ataque

Fica muito claro que, cada dia mais, a transmissão do conhecimento científico cresce em importância e apenas o trabalho de divulgação deixa de ser suficiente (“Resistência à ciência”, edição 284). É necessário um esforço mundial no sentido de inserir disciplinas que disseminem os métodos científicos nas escolas, já a partir dos últimos anos do ensino fundamental.

Roger Bonsaver

A disparidade da percepção do cidadão chinês em relação ao brasileiro reflete o resultado das ações de longo prazo que poderiam ter sido aplicadas no Brasil também.

Thaís Schmidt

Pesquisa FAPESP 20 anos

De maneira sucinta e inteligente, este periódico tem trabalhado no esforço de fazer a ciência algo a não se temer, mas, sim, a se admirar e desejar por parte da coletividade paulista e de toda a comunidade acadêmica.

Rodrigo Agostinho, deputado federal

Divulgação científica

Urgente pesquisar como melhorar a comunicação científica para o grande público (“Imprensa em transição”, edição 284).

Nicole Marie Hélène Medaets

Nobel de Química

A tecnologia que você usa não caiu do céu por milagre, é fruto do trabalho de

cientistas que dedicam anos para a pesquisa (“Criadores de um mundo recarregável”, on-line). Somente reconhecendo a importância da educação e da ciência poderemos crescer!

Diego Hepp

Vídeos

Não são só animais simpáticos que merecem nossa proteção (“Como proteger os tubarões”).

Letícia Costa

O Brasil passa por uma nefasta crise com a ciência, pesquisas e cientistas que resistem apesar de todo o descaso. Todo o respeito e admiração por pessoas que ainda conseguem defender não só os animais, mas todo um ecossistema, que muitos ainda não entendem a importância para o mundo e o quanto isso nos inclui.

Ruth Previati

Vacina é a única prevenção eficiente contra as doenças transmissíveis e as campanhas de vacinação são a melhor maneira de proteger toda a população! (“Perfil: Guido Carlos Levi”).

Tomaz Puga Leivas

Estamos entrando em tempos difíceis para a ciência no Brasil e o Inpe é apenas um dos afetados (“Programas monitoram o desmatamento na Amazônia”).

Gunst

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



28.130 pessoas alcançadas 463 reações 3 comentários 136 compartilhamentos

MARCO ANTONIO ZAGO
PRESIDENTE

EDUARDO MOACYR KRIEGER
VICE-PRESIDENTE

CONSELHO SUPERIOR

CARMINO ANTONIO DE SOUZA, IGNÁCIO MARIA POVEDA VELASCO, JOÃO FERNANDO GOMES DE OLIVEIRA, LIEDI LEGI BARIANI BERNUCCI, MARILZA VIEIRA CUNHA RUDGE, MARCO ANTONIO ZAGO, MAYANA ZATZ, MOZART NEVES RAMOS, PEDRO LUIZ BARREIROS PASSOS, PEDRO WONGTSCHOWSKI, RONALDO ALOISE PILLI, VANDERLAN DA SILVA BOLZANI

CONSELHO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO

CARLOS AMÉRICO PACHECO
DIRETOR-PRESIDENTE

CARLOS HENRIQUE DE BRITO CRUZ
DIRETOR CIENTÍFICO

FERNANDO MENEZES DE ALMEIDA
DIRETOR ADMINISTRATIVO

Pesquisa
FAPESP

ISSN 1519-8774

CONSELHO EDITORIAL

Carlos Henrique de Brito Cruz (*Presidente*), Caio Túlio Costa, Eugênio Bucci, Fernando Reinach, José Eduardo Krieger, Luiz Davidovich, Marcelo Knobel, Maria Herminia Tavares de Almeida, Marisa Lajolo, Mauricio Tuffani e Mônica Teixeira

COMITÊ CIENTÍFICO

Luiz Henrique Lopes dos Santos (*Presidente*), Américo Martins Craveiro, Anamaria Aranha Camargo, Ana Maria Fonseca Almeida, Carlos Américo Pacheco, Carlos Eduardo Negrão, Douglas Eduardo Zampieri, Euclides de Mesquita Neto, Fabio Kon, Francisco Antônio Bezerra Coutinho, Francisco Rafael Martins Laurindo, Hernan Chaimovich, José Roberto de França Arruda, José Roberto Postali Parra, Lucio Angnes, Luiz Nunes de Oliveira, Marco Antonio Zago, Marie-Anne Van Sluys, Maria Julia Manso Alves, Paula Montero, Roberto Marcondes Cesar Júnior, 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 & T*), Glenda Mezarobba (*Humanidades*), Marcos Pivetta (*Ciência*), Carlos Fioravanti e Ricardo Zorzetto (*Editores especiais*), Maria Guimarães (*Site*), Yuri Vasconcelos (*Editor-assistente*)

REPÓRTERES Christina Queiroz, Rodrigo de Oliveira Andrade

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

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

FOTÓGRAFO Léo Ramos Chaves

BANCO DE IMAGENS Valter Rodrigues

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

REVISÃO Alexandre Oliveira e Margô Negro

COLABORADORES Bruno de Pierro, Diego Freire, Domingos Zapparoli, Felipe Cavalcante, Frances Jones, Karl Erik Schellhammer, Rodrigo Elias Oliveira, Rogério Assis, Sarah Schmidt, Sidnei Santos de Oliveira, Veridiana Scarpelli

REVISÃO TÉCNICA Adriana Valio, Ítalo Delalibera Júnior, José Roberto de França Arruda, Lucio Angnes, Luiz Augusto Toledo Machado, Luiz Nunes de Oliveira, Maria Beatriz Florenzano, Paulo Artaxo, Ricardo Hirata, Walter Colli

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

TIRAGEM 30.180 exemplares
IMPRESSÃO Plural Indústria Gráfica
DISTRIBUIÇÃO DINAP

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

CARTA DA EDITORA

Os desafios da Amazônia

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

O debate sobre o futuro da Amazônia depende essencialmente de como se define desenvolvimento. Diversas iniciativas governamentais – e privadas, muitas vezes ilegais – desde os anos 1970 estão centradas na ideia de ocupação do território para atividades agropecuárias e de mineração, além do uso dos rios para geração de energia elétrica, mesmo que implique a derrubada descontrolada da floresta. A região Norte é a mais pobre do país e o desmatamento contínuo, que já consumiu 20% da área original da floresta no Brasil, afeta negativamente o clima regional, com impacto no continente e no restante do planeta.

A floresta amazônica exerce um papel fundamental na chamada química atmosférica: é uma gigantesca fonte de vapor-d'água. Leva chuva da região Norte até a bacia do rio da Prata, favorecendo, por exemplo, a atividade agropecuária da região Centro-Oeste. Um estudo mostra que o desmatamento total ou parcial das três grandes florestas tropicais do mundo – da bacia do Congo e do Sudeste Asiático, além da amazônica, a maior delas – causaria um aumento da temperatura do planeta de 0,7 °C, o que equivale a boa parte do aquecimento causado pela ação humana desde a Revolução Industrial.

O ecossistema rico e delicado da Amazônia demanda um modelo de desenvolvimento próprio, que privilegie as particularidades da floresta, aproveitando sua imensa biodiversidade e respeitando a população local – indígenas, ribeirinhos e moradores das cidades. A discussão deve contemplar questões como manejo sustentável de recursos como pesca, madeira e frutos, a oferta de infraestrutura para seus habitantes (na região que concentra 20% de água doce de toda a Terra, 30% da população não tem acesso à água potável e 87% vive sem coleta de esgoto), o combate ao desmatamento ilegal, a grilagem de terras públicas, en-

tre outros pontos. A ciência tem a contribuir: no estudo da biodiversidade; na domesticação de espécies nativas com relevância comercial; na recuperação de pastagens abandonadas para uso em uma agricultura mais tecnológica e uma pecuária mais intensiva, ou em floresta.

Pesquisa FAPESP dedica 26 páginas desta edição ao tema. Elas mostram os mecanismos que fazem da Amazônia um elemento central do clima global (*página 18*) e como o desmatamento está levando a mudanças como o prolongamento da estação seca (*página 24*). O desenvolvimento sustentável da região é tema de reportagem à página 32, complementada por entrevistas (*páginas 30 e 40*) com o ecólogo Paulo Moutinho, do Ipam, e o químico Lauro Barata, professor visitante sênior da Ufopa.

*

No final da década de 1980, os primeiros indígenas brasileiros ingressaram em cursos de graduação. Trinta anos depois, com doutorado concluído, alguns se tornaram cientistas e desenvolvem pesquisas em áreas do conhecimento que vão desde a etnografia até a agroecologia e a educação. Sua presença na academia tem ampliado o escopo de investigações científicas, com a proposição de novas questões para os diferentes campos do saber onde atuam (*página 80*).

Revelador de sua forma de ver o mundo e a si mesmos, os Tupi demonstravam um conhecimento de anatomia que não encontrava tradução para o português. Escrito no final do século XVI pelo padre jesuíta Pero de Castilho, *Nomes das partes do corpo humano, pella língua do Brasil* foi o primeiro dicionário brasileiro sobre o corpo humano, trazendo a visão dos Tupi (*página 92*). Termos sem equivalência tiveram que ser descritos, como *bopitéraiaça*, os “riscos da palma da mão” (hoje, pregas palmares).

BOAS PRÁTICAS



Legado acadêmico contestado

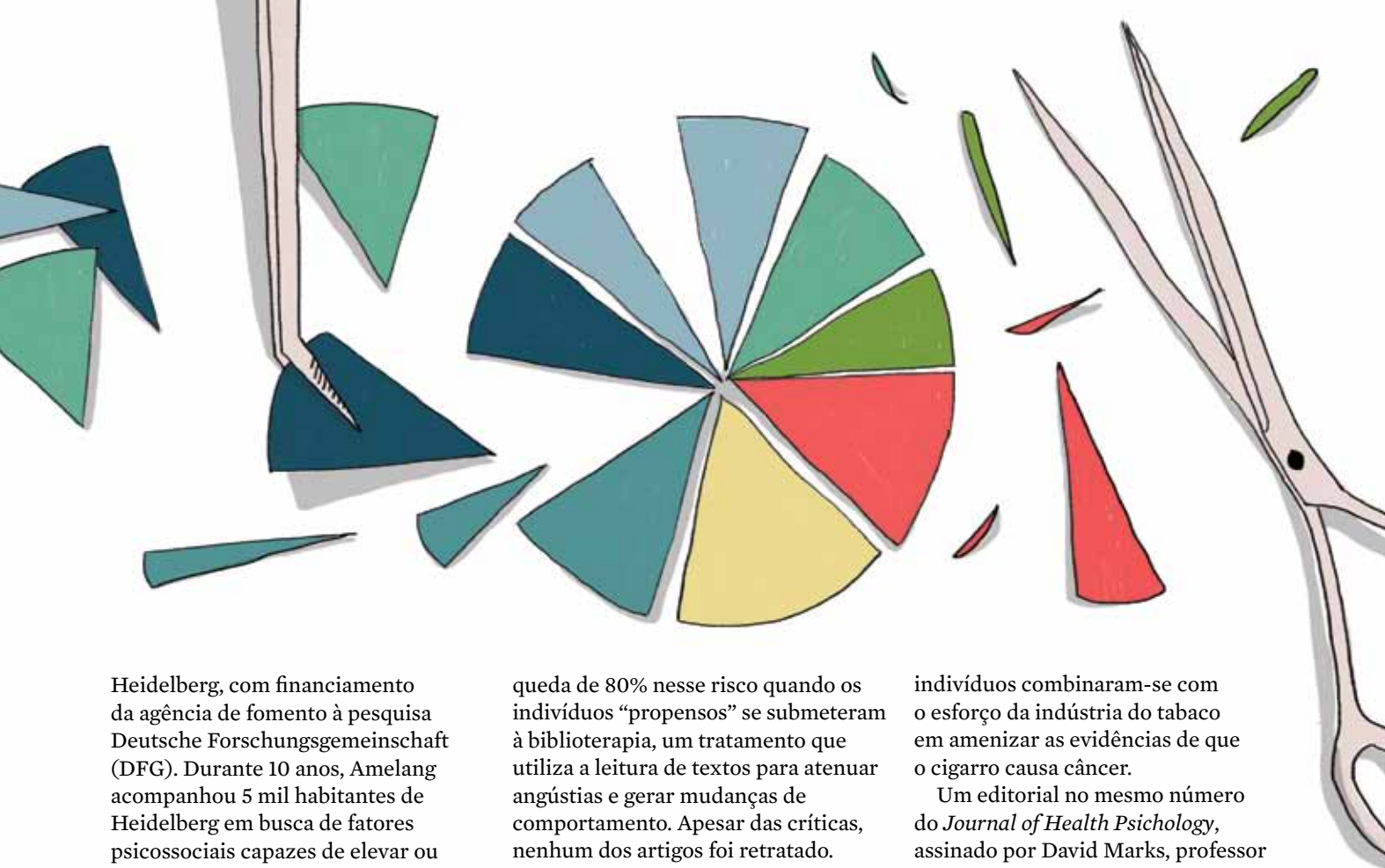
King's College afirma que trabalhos de um de seus mais proeminentes pesquisadores, morto há 22 anos, não têm resultados confiáveis

Hans Jürgen Eysenck (1916-1997), psicólogo alemão que fez carreira no Reino Unido, é reconhecido por seus trabalhos sobre inteligência e personalidade desenvolvidos principalmente no período de 28 anos em que trabalhou como pesquisador do Instituto de Psiquiatria do King's College London. Autor de 80 livros e mais de mil artigos científicos, seu prestígio sobreviveu a uma série de controvérsias em que se envolveu, como quando buscou abertamente o financiamento da indústria do tabaco para pesquisas ou apresentou dados sugerindo que negros e imigrantes teriam quociente de inteligência inferior ao dos brancos nos Estados Unidos. Em um ranking dos 100 mais eminentes psicólogos do século XX publicado em 2002 na revista *Review of General Psychology*, ele foi classificado em 24º lugar – a lista era encabeçada por B. F. Skinner, Jean Piaget e Sigmund Freud e a contribuição de cada um deles foi medida com base em citações de suas obras em artigos científicos e livros de referência.

Pois agora, 22 anos após a morte de Eysenck, uma parte polêmica de seu legado científico foi desqualificada em um relatório produzido por um

comitê de investigação do King's College, que se debruçou sobre 25 *papers* publicados entre 1988 e 2000 assinados pelo psicólogo e seu colaborador Ronald Grossarth-Maticek, da Universidade de Heidelberg, na Alemanha. Segundo o relatório, divulgado em outubro pelo site Retraction Watch, os resultados desse conjunto de artigos não são confiáveis. Os trabalhos são vinculados a um programa de pesquisa que investigava como traços específicos de personalidade tornavam indivíduos propensos a ter câncer e doenças cardiovasculares e apresentava tratamentos capazes de reduzir esse risco. O comitê do King's College não conseguiu obter os dados brutos que fundamentam os artigos, extraídos de estudos populacionais que acompanharam por períodos de 15 a 20 anos mais de 30 mil indivíduos na extinta Iugoslávia, nos anos 1960 e 1970, e em Heidelberg, nos anos 1970 e 1980. Também não encontrou referências sobre a existência de protocolos ou relatórios de comitês de ética sobre os trabalhos.

Dessa forma, o comitê concentrou sua análise em tentativas de reproduzir os resultados realizadas a partir dos anos 1990 pelo psicólogo alemão Manfred Amelang, da Universidade de



Heidelberg, com financiamento da agência de fomento à pesquisa Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Durante 10 anos, Amelang acompanhou 5 mil habitantes de Heidelberg em busca de fatores psicossociais capazes de elevar ou reduzir a incidência de doenças cardiovasculares. Entre os seis tipos de personalidade classificados por Eysenck, não foi encontrada nenhuma correlação com doenças. Em apenas em um deles foi detectada uma variação, descartada posteriormente por falta de significância estatística.

O argumento central do relatório, contudo, é que os resultados de Eysenck e Grossarth-Maticek não são plausíveis. E já não eram quando foram apresentados, tanto que foram duramente contestados. As críticas e suspeitas levantadas na época haviam sido resumidas em um artigo publicado em 1992 no *British Medical Journal* por dois psiquiatras: Anthony Pelosi, professor da Universidade de Glasgow, e Louis Appleby, ex-diretor nacional de saúde mental do governo do Reino Unido. No artigo, a dupla apontava omissões e incoerências, como a descrição vaga das metodologias adotadas e a seleção enviesada de dados, e mostrava que alguns resultados eram inverossímeis, como o que apontou risco de morte de câncer 100% superior para indivíduos “emocionalmente reprimidos” em relação a um grupo de controle e à

queda de 80% nesse risco quando os indivíduos “propensos” se submeteram à biblioterapia, um tratamento que utiliza a leitura de textos para atenuar angústias e gerar mudanças de comportamento. Apesar das críticas, nenhum dos artigos foi retratado. “Os achados são incompatíveis com a moderna ciência clínica e com a compreensão sobre os processos das doenças”, diz o relatório, que foi encaminhado aos 11 periódicos que publicaram os artigos, entre os quais o *Psychological Reports*, da editora Sage, e o *Behaviour Research and Therapy*, da Elsevier.

A decisão do King’s College de reavaliar os trabalhos de seu eminente pesquisador ocorreu no início do ano, depois que Anthony Pelosi, o psiquiatra que apontou as incoerências em 1992, escreveu um artigo no *Journal of Health Psychology* no qual revisitou os problemas e apresentou documentos inéditos mostrando como a indústria do tabaco, além de patrocinar diversos estudos de Eysenck, também financiou os estudos populacionais de Grossarth-Maticek em Heidelberg. Em 1965, Eysenck foi um dos pesquisadores que questionaram as primeiras evidências de que cigarro causa câncer no pulmão. Pelosi sugere que houve uma união de interesses, em que as teorias de Eysenck sobre a influência de traços de personalidade na saúde dos

indivíduos combinaram-se com o esforço da indústria do tabaco em amenizar as evidências de que o cigarro causa câncer.

Um editorial no mesmo número do *Journal of Health Psychology*, assinado por David Marks, professor aposentado da City University de Londres, conclamou o King’s College e a British Psychological Society a investigar a produção científica de Eysenck. Segundo Marks, os dados obtidos são tão distantes de distribuições estatísticas consideradas consistentes que só podem ser produto de erro. “Caso os dados fossem comprovados, o que nunca acontecerá, os dois pesquisadores poderiam ser canonizados como São Hans e São Ronald por operarem milagres. Para sua eterna vergonha, as tentativas de Eysenck de desacreditar laços causais bem estabelecidos entre tabagismo e câncer ao receber grandes somas da indústria do tabaco são um dos enganos mais vergonhosos cometidos por um cientista no século XX.” Ronald Grossarth-Maticek, hoje aposentado da Universidade de Heidelberg, anunciou que irá processar Pelosi e Marks por calúnia. Segundo ele, não se pode dizer que houve tentativas efetivas de reproduzir os resultados que ele e Eysenck obtiveram, porque os experimentos realizados não adotaram métodos idênticos. ■ Fabrício Marques

Duas faces da excelência

O Wellcome Trust, fundação de apoio à pesquisa biomédica sediada em Londres, lançou duas iniciativas voltadas para gerar conhecimento sobre o comportamento dos cientistas e o ambiente em que eles trabalham. Em uma das frentes, convidou pesquisadores a preencherem um questionário on-line, com perguntas sobre as condições de trabalho e as relações com colegas e superiores, além de tópicos sensíveis como bullying e saúde mental. O objetivo é compreender até que ponto a busca contínua da excelência, que orienta a seleção e a avaliação de projetos por agências de fomento e é pré-requisito para fazer ciência de qualidade, também fomentaria uma cultura de rivalidade e hostilidade, com impacto na vida pessoal e na carreira de estudantes e pesquisadores.

“As pessoas me relatam casos de supercompetição destrutiva, dinâmicas de poder tóxicas e comportamentos falhos de líderes, tendo como consequência a deterioração do bem-estar dos pesquisadores”, escreveu o médico Jeremy James Farrar, diretor do Wellcome Trust, em um texto no blog da instituição. “Com base nesses pontos de vista, vamos trabalhar com a comunidade científica para criar metas ambiciosas que aperfeiçoem a cultura de pesquisa e encorajar outras agências financiadoras a se juntarem a nós”, informou Farrar. Os resultados obtidos na consulta servirão de base para um relatório com sugestões para tornar mais amigável o ambiente nos laboratórios e universidades, sem prejuízo da excelência.

A segunda iniciativa é a criação de um consórcio de pesquisadores de várias instituições dedicado a investigar culturas e políticas científicas. O Research on Research Institute (RoRI) ficará sediado no Wellcome Trust



em seus dois primeiros anos de atividade e é uma parceria da organização com as universidades de Sheffield, no Reino Unido, e Leiden, na Holanda, e a empresa Digital Science. “No mundo inteiro, cresce o interesse em saber como a pesquisa é financiada, produzida e avaliada e como os sistemas de pesquisa podem se tornar mais eficientes,

abertos, inclusivos e impactantes”, disse James Wilsdon, professor da Universidade de Sheffield e diretor do novo instituto, resumindo as ambições do órgão. Entre os focos do RoRI estão contemplados estudos sobre atitudes positivas e negativas no ambiente de trabalho dos pesquisadores e a investigação das causas de suas angústias.

De bom a mau exemplo

A revista *Nature* decidiu revogar um prêmio que concedera em 2017 ao bioquímico espanhol Carlos López-Otín em reconhecimento a seu trabalho como mentor de jovens pesquisadores, depois que nove artigos de seu grupo de pesquisa da Universidade de Oviedo foram retratados por evidências de manipulação de imagens. Logo após a premiação, trabalhos em que López-Otín era coautor foram alvo de denúncias no site PubPeer, um fórum na internet que permite a qualquer usuário discutir e apontar erros em *papers* já publicados. A *Nature* reagiu abrindo uma investigação sobre 98 artigos do grupo publicados

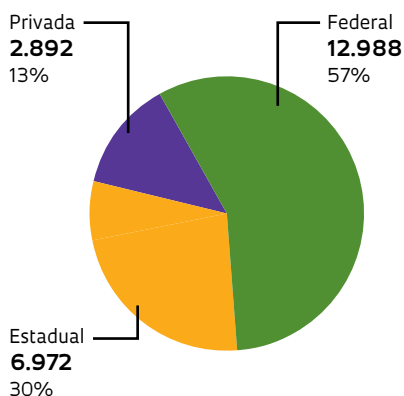
entre 2012 e 2019 e encontrou problemas nas imagens em 18 deles. Os editores da *Nature* e os jurados do prêmio analisaram os casos de manipulação e concluíram que López-Otín, por ser o autor correspondente de nove dos *papers*, teve um comportamento incompatível com a mentoria de alta qualidade distinguida pelo prêmio. Segundo declaração assinada por Magdalena Skipper, editora-chefe da *Nature*, e Philip Campbell, editor do grupo Springer-Nature, a revogação do prêmio não implica juízo sobre a validade dos resultados dos trabalhos de López-Otín, que não foram objeto da investigação.

EM 2018 FORAM CONCEDIDOS 22.894 TÍTULOS NO PAÍS E 7.356 EM SÃO PAULO

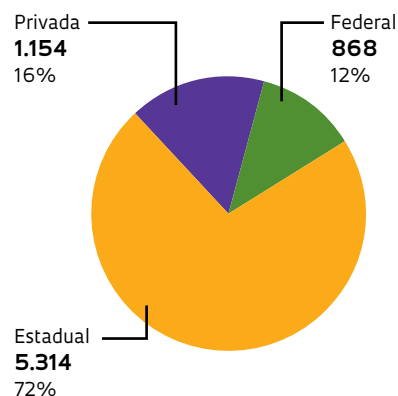
- ▶ Número para o Brasil é 6,0% acima do valor para 2017, quando foram concedidos 21.591 títulos
- ▶ São Paulo, cujo número representou pequeno crescimento de 0,5% em relação ao de 2017, respondeu por 32% dos títulos concedidos no país
- ▶ As três universidades estaduais paulistas, USP, Unicamp e Unesp, responderam por 23% dos títulos de doutorado concedidos no país e por 76% daqueles concedidos por universidades estaduais, em 2018

No Brasil, lideram as universidades federais; em São Paulo, as estaduais

BRASIL



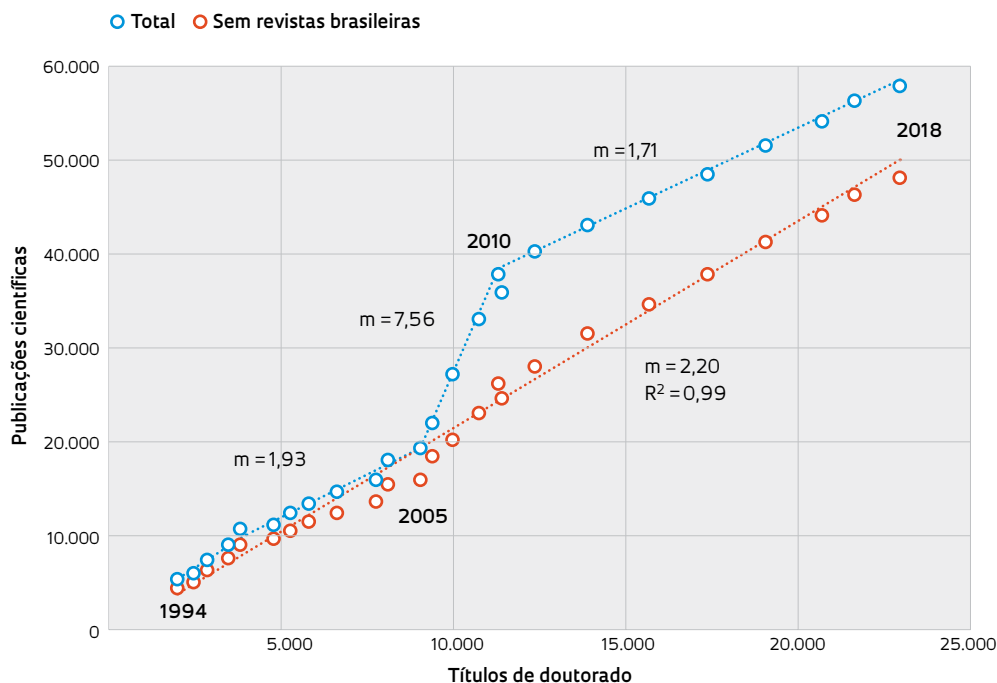
SÃO PAULO



NÚMEROS DE TÍTULOS DE DOUTORADO E DE PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS CRESCEM CONJUNTAMENTE

- ▶ É alta a associação¹ entre as evoluções anuais dos números de títulos de doutorado concedidos e as de publicações científicas²
- ▶ Os valores de m no gráfico são as inclinações das retas de tendência nos períodos considerados e indicam a variação no número de artigos por doutor formado
- ▶ Entre 2005 e 2010 houve a inclusão de mais de 100 revistas brasileiras na base do Web of Science, que causou um período de crescimento mais acelerado, como mostra a quebra da linha para o total de publicações nesse período
- ▶ Considerando-se apenas as publicações em revistas de outros países, a associação se mantém linear em todo o período ($R^2 = 0,99$), indicando 2,2 artigos publicados a mais, para cada novo doutor formado

Brasil – Títulos de doutorado e publicações científicas (1994-2018)



NOTAS (1) OS VALORES DE R^2 SÃO SEMPRE MAIORES DO QUE 0,97 PARA TODOS OS TRECHOS CONSIDERADOS, 1994-2005, 2005-2010, 2010-2018. NÃO SE CONSIDERA ASSOCIAÇÃO COMO EVIDÊNCIA DE RELAÇÃO DE CAUSA-EFEITO. NESSE CASO, AS DUAS VARIÁVEIS ESTÃO LIGADAS À EXPANSÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO NO PAÍS. **(2)** PUBLICAÇÕES DOS TIPOS ARTICLE, PROCEEDING PAPER E REVIEW, COM PELO MENOS UM AUTOR SEDIADO NO BRASIL, INDEXADOS PELO WEB OF SCIENCE/CLARIVATE

FONTES CAPES/MEC E INCITES/WEB OF SCIENCE/CLARIVATE

NOTAS

Na África, mosquitos da malária pegam carona com o vento

Os ventos que sopram longe do chão no oeste da África carregam por longas distâncias uma grande quantidade de insetos. Entre eles, os mosquitos do gênero *Anopheles*, ao qual pertencem várias espécies transmissoras de malária. Migrações de insetos a altitudes de até 3 quilômetros (km) já haviam sido flagradas por radar, que só detecta animais com mais de 10 miligramas. Os pesquisadores Tovi Lehmann e Diana Huestis, ambos dos Institutos Nacionais de Saúde (NIH) dos Estados Unidos, tiveram de usar outra estratégia – mais analógica, digamos – para identificar nessas correntes de ar a presença de mosquitos tão pequenos quanto os do gênero *Anopheles*. Em quatro aldeias do Mali, eles prenderam redes grudentas a balões de hélio suspensos entre 40 e 290 metros do chão por 10 noites consecutivas a cada mês, por um período que variou de 22 a 32 meses. Com as redes, capturaram centenas de milhares de insetos, incluindo 2.748 mosquitos (235 *Anopheles*). Usando modelos computacionais que levam em conta a direção e a velocidade dos ventos, o grupo calcula que a cada ano mais de 50 milhões de *Anopheles* peguem carona no vento, o que lhes permitiria percorrer, em alguns casos, 300 km em nove horas de voo (*Nature*, 2 de outubro). Não foram detectados parasitas causadores da malária nos mosquitos capturados. Dados sugerem, porém, que mosquitos infectados possam pegar carona no vento: a amostra tinha quatro vezes mais fêmeas (responsáveis pela transmissão da malária) do que machos e mais de 90% delas haviam feito uma refeição antes do voo – em um terço dos casos, com sangue humano. Os achados podem explicar como esses insetos ressurgem subitamente ao fim da estação seca no Sahel, região de transição entre o Saara e as savanas, no centro da África.

Composição de imagens mostra os estágios finais da transformação de uma larva do mosquito *Anopheles* em indivíduo adulto



Saturno tem mais luas do que Júpiter

O astrônomo norte-americano Scott Sheppard é um notório descobridor de luas, cometas e outros pequenos corpos do Sistema Solar. Ele já havia encontrado satélites ao redor de Júpiter, Saturno, Urano e Netuno, além de ter descrito, com o astrônomo Chadwick Trujillo, um dos objetos mais distantes a orbitar o Sol: o 2012 VP, um candidato a planeta-anão. Em um encontro da União Astronômica Internacional realizado em outubro deste ano, Sheppard e sua equipe na Instituição para Ciência Carnegie, em Washington, capital dos Estados Unidos, anunciaram a descoberta de 20 novas luas ao redor de Saturno, o sexto planeta a partir do Sol. Famoso por seus anéis, Saturno tem massa 95 vezes maior que a da Terra e é o segundo maior astro a girar em torno do Sol. As novas luas elevaram para 82 o total de satélites do planeta. Saturno agora tem mais luas do que Júpiter, que é maior e tem 79 satélites. As novas luas têm, em média, 5 quilômetros de diâmetro e levam de dois a três anos terrestres para completar uma órbita ao redor de Saturno.

Três acompanham o sentido de rotação do planeta e 17 o circundam no sentido contrário. Vários dos novos satélites parecem resultar da colisão de luas maiores com cometas ou asteroides. “Estudar as órbitas dessas luas pode revelar como surgiram”, disse Sheppard em comunicado à imprensa. A Instituição Carnegie abriu um concurso para nomear as luas. Sugestões podem ser enviadas até 6 de dezembro pelo Twitter para @SaturnLunacy, com a hashtag #NameSaturnsMoons.



Visto pela sonda Voyager 2, o planeta Saturno e as luas Tétis, Dione, Rea e Mimas, quatro de seus 82 satélites

Desigualdade social na idade do Bronze

Análises de restos mortais e bens funerários encontrados em cemitérios próximos à cidade de Augsburg, no sul da Alemanha, sugerem que a desigualdade social é um fenômeno mais antigo do que se pensava. Por meio de datação por radiocarbono, pesquisadores da Universidade Luís Maximiliano (ULM) e do Instituto Max Planck para a História da Ciência, ambos na Alemanha, verificaram que os restos mortais pertenciam a agricultores que viveram na região na idade do Bronze, entre 4 mil e 2,8 mil anos atrás. Os pesquisadores identificaram de quatro a cinco gerações dessas famílias. Objetos encontrados com os primeiros agricultores sugerem que faziam parte da camada social elevada da cultura Campaniforme (*Science*, 10 de outubro). Os filhos do sexo masculino mantinham *status* social elevado. Eles foram enterrados com punhais, machados e formões de bronze e cobre. Na sepultura dessas famílias, também havia indivíduos de *status* social baixo, provavelmente escravos, sem posses e com ascendência diferente pelo lado paterno. Os homens da alta sociedade se casavam com mulheres vindas de outras regiões. Mulheres adultas das famílias ricas não eram enterradas ali – possivelmente eram enviadas para casar em outras regiões. As únicas mulheres locais eram meninas de famílias abastadas que morreram jovens, e mulheres pobres.



Ornamento de cobre (*original, no alto, e reconstituído, acima*) achado entre restos funerários de uma mulher em sítio arqueológico em Augsburg

Medicamento personalizado

Mila M. é uma garotinha norte-americana de 8 anos, portadora de distúrbio genético, raro e fatal: a doença de Batten, causada por alterações genéticas que levam ao acúmulo de lipopigmentos nas células do cérebro e do sistema nervoso. Em concentrações elevadas, esses pigmentos matam as células, comprometendo progressivamente as funções motoras. A doença atinge até uma em cada 25 mil crianças nos Estados Unidos. Quase todas morrem entre a infância e a adolescência. Espera-se que não seja o caso de Mila. Sob coordenação do médico Timothy Yu, do Hospital Infantil de Boston, em Massachusetts, pesquisadores nos Estados Unidos criaram um medicamento sob medida para ela em menos de um ano – o desenvolvimento e a aprovação de um novo composto levam uma década. A molécula adere ao trecho alterado do gene CLN7, possibilitando sua leitura correta e a síntese de proteínas funcionais. Mila começou a receber o composto, apelidado de milasen, em janeiro de 2018 e apresentou melhoras: a frequência e a duração das convulsões diminuíram e outros sintomas se estabilizaram (*NEJM*, 13 de outubro). O novo medicamento não deve reverter o quadro, mas pode impedir seu agravamento. A produção do composto é uma prova de que é possível criar tratamentos personalizados para doenças genéticas. Por seu custo e complexidade, porém, essa alternativa só deve ser viável para um número reduzido de pessoas.

Com as alterações do clima, pode faltar pão

Secas severas e frequentes podem se tornar comuns até o final deste século em decorrência das mudanças climáticas e afetar simultaneamente até 60% das áreas nas quais se planta trigo no planeta, cereal responsável por 20% das calorias ingeridas no mundo. Esses dados resultam de simulações computacionais realizadas por pesquisadores da Europa e dos Estados Unidos sob a liderança de Miroslav Trnka, especialista em análise de eventos climáticos extremos e seca do Instituto de Pesquisa sobre Mudanças Globais, na República Checa. Eles desenvolveram uma estratégia de quantificar a escassez severa de água em áreas produtoras de trigo e o risco de ocorrerem eventos múltiplos e seguidos de seca. Sem esforços para reduzir o aumento médio da temperatura do planeta, quase

dois terços das plantações de trigo do mundo podem enfrentar eventos simultâneos de seca intensa até 2100. Hoje há o risco de isso acontecer em 15% das áreas produtoras de trigo. Reduzir a emissão de gases que aumentam a temperatura para os níveis estipulados no Acordo de Paris diminuiria mais o dano do que se nada fosse feito. Mesmo assim, secas severas poderão atingir até 30% das áreas produtoras de trigo entre 2041 e 2070, causando escassez de alimentos, instabilidade política e migrações em massa (*Science Advances*, 25 de setembro). Entre 1985 e 2007, o efeito das secas sobre áreas produtoras de trigo foi o dobro do registrado no período 1964-1984. Segundo os autores, mesmo as estratégias de mitigação não devem evitar os episódios de seca severa.

1
Plantação de trigo na Europa



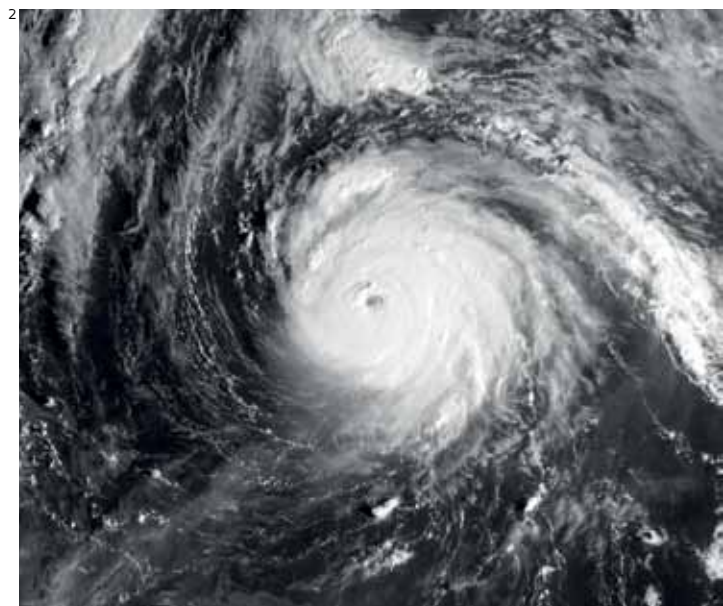
FAPESP tem novo vice-presidente

O químico Ronaldo Aloise Pilli é o novo vice-presidente da FAPESP. Ele foi nomeado para o cargo por um decreto do governador do estado publicado em 11 de outubro no *Diário Oficial do Estado de São Paulo*. Professor do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (IQ-Unicamp), onde realizou a graduação e o doutorado, Pilli trabalha com a síntese e a análise da atividade biológica de fármacos, feromônios e outros produtos naturais. Ele já dirigiu o IQ-Unicamp, foi pró-reitor de pesquisa da universidade e é membro do Conselho Superior da FAPESP. Há cerca de 10 anos dedica-se também à divulgação científica. Na vice-presidência da FAPESP, Pilli substitui o médico Eduardo Moacyr Krieger, professor emérito da Universidade de São Paulo (USP).

FOTOS 1 WIKIMÉDIA COMMONS 2 US NAVAL RESEARCH LABORATORY

Já ouviu falar em *tempemoto*?

Um novo fenômeno geológico foi identificado por pesquisadores dos Estados Unidos: vibrações do assoalho rochoso dos oceanos provocadas por furacões, ciclones e outras tempestades intensas. "Nós os chamamos de *stormquakes*", disse o geofísico Wenyan Fan, da Universidade Estadual da Flórida, ao site de notícias da União Geofísica Americana (AGU). A palavra *stormquake* resulta da fusão de *storm* (tempestade) e *earthquake* (terremoto). Seria algo como *tempemoto*. Analisando dados sísmicos registrados entre 2006 e 2019, Fan e outros cinco colaboradores observaram que fenômenos atmosféricos intensos, como os furacões Bill, de 2009, ou Gonzalo, de 2014, geravam ondas sísmicas no assoalho oceânico que se propagavam por milhares de quilômetros (*Geophysical Research Letters*, 14 de outubro). As tempestades transferem energia para o oceano, gerando ondas. Estas, por sua vez, interagem com o assoalho rochoso próximo à costa, fazendo-o vibrar. No período estudado, foram registrados 10 mil *tempemotos* na costa leste da América do Norte. Eles ocorrem em áreas específicas, possivelmente em consequência do relevo do assoalho oceânico. Alguns *tempemotos* causam vibrações tão intensas quanto terremotos de magnitude 3,5 em terra firme. Nem toda tempestade intensa provoca *tempemoto*. Os pesquisadores suspeitam que o fenômeno seja comum também no oeste da Europa e da Austrália.



Furacão Gonzalo, próximo a ilhas do Caribe, quando atingiu sua intensidade máxima em outubro de 2014

NOBEL

UM PRÊMIO PARA HOMENS

Neste ano, as seis categorias do Prêmio Nobel homenagearam 14 pessoas. Só uma é mulher: a economista francesa Esther Duflo. Além dela, a escritora polonesa Olga Tokarczuk recebeu o prêmio de literatura, referente a 2018, quando não houve premiação nessa categoria. A exígua presença de mulheres entre os laureados não é novidade. Desde 1901, quando as primeiras categorias do prêmio foram criadas, 950 pessoas receberam um Nobel. Só 22 são mulheres, metade homenageada a partir de 2000. O desequilíbrio poderia ser consequência da sub-representação das mulheres nas ciências exatas, biológicas e sociais. Não é. Com duas colaboradoras, a física Liselotte Jauffred, da Universidade de Copenhague, na Dinamarca, analisou os dados históricos da premiação. Elas usaram a proporção de mulheres no corpo acadêmico das universidades norte-americanas como aproximação do que ocorre no resto do mundo e viram que o número de premiadas é bem inferior à proporção de pesquisadoras atuando em física, química, economia e medicina ou fisiologia. Concluíram que há uma probabilidade de 96% de haver favorecimento aos homens na premiação (*Palgrave Communications*, 7 de maio). Cada categoria oferece prêmio em dinheiro no valor de 9 milhões de coroas suecas, o equivalente a R\$ 3,7 milhões.



Didier Queloz, Michel Mayor e James Peebles

PAZ

Conciliação nas fronteiras e cooperação internacional



Abiy Ahmed Ali, primeiro-ministro da Etiópia

Iniciativas para solucionar tensões que se estendiam por quase 20 anos com a Eritreia e para promover a cooperação internacional renderam o Nobel da Paz ao primeiro-ministro da Etiópia, Abiy Ahmed Ali. Em 1988, disputas sobre o controle da região de Badme motivaram a eclosão de uma guerra que durou dois anos e terminou com 100 mil mortos. Para assinar o acordo, a Etiópia reconheceu a região como território eritreu e a Eritreia franqueou à Etiópia acesso ao mar Vermelho. Com a retomada do tráfego aéreo e marítimo, os dois países reabriram embaixadas e permitiram a circulação de pessoas pela fronteira. Nascido em 1976 na cidade de Beshasha, Ali se tornou primeiro-ministro em abril de 2018. Nos primeiros 100 dias de governo, retirou o país do estado de emergência, concedeu anistia a presos políticos e demitiu líderes civis e militares suspeitos de corrupção. Contribuiu para normalizar as relações diplomáticas entre Eritreia e Djibouti e mediou encontros entre dirigentes de Quênia e Somália para resolver disputas envolvendo uma zona marítima. Destacam-se seus esforços para ampliar a participação feminina na política, implementando paridade de gênero em seu gabinete. Em seu discurso de posse, citou as mulheres, agradeceu a mãe e enalteceu a força feminina. Indicou, na condição de presidente da Casa dos Representantes do Povo (câmara dos deputados), a primeira presidente da Etiópia, a diplomata Sahle-Work Zewde.

FÍSICA

A estrutura do Universo e novos sistemas solares

Por suas contribuições para o entendimento da evolução do Universo e do lugar da Terra no Cosmo, um trio de pesquisadores recebeu o Nobel de Física de 2019. Metade do prêmio foi para o físico canadense naturalizado norte-americano James Peebles, de 84 anos, da Universidade de Princeton, nos Estados Unidos. Iniciados nos anos 1960, os trabalhos de Peebles estabeleceram a visão moderna sobre a história do Cosmo desde o Big Bang. Eles ajudaram os radioastrônomos norte-americanos Arno Penzias e Robert Wilson a interpretar uma forma de radiação que detectaram em 1964 e lhes rendeu o Nobel de Física de 1978: a radiação cósmica de fundo, um sinal de micro-ondas produzido 400 mil anos depois do Big Bang. As contribuições de Peebles também permitiram definir a forma achatada do Universo em expansão e prever a existência de duas componentes misteriosas do Cosmo: a matéria escura e a energia escura. A outra metade foi dividida pelos astrofísicos suíços Michel Mayor, de 77 anos, e Didier Queloz, de 53 anos, ambos do Observatório de Genebra, na Suíça. Em 1995, Mayor e Queloz anunciaram em uma conferência a descoberta do primeiro planeta fora do Sistema Solar orbitando uma estrela semelhante ao Sol: o Pégaso 51 b, distante cerca de 50 anos-luz da Terra. Hoje são conhecidos mais de 4 mil exoplanetas.



John Goodenough,
Stanley
Whittingham (centro)
e Akira Yoshino

Pesquisadores que desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento das baterias elétricas recarregáveis compartilharam o Nobel de Química deste ano: o químico britânico M. Stanley Whittingham, da Universidade Estadual de Nova York em Binghamton, EUA, o matemático e físico norte-americano John Bannister Goodenough, da Universidade do Texas em Austin, EUA, e o químico japonês Akira Yoshino, da Universidade Meijo, Japão. Eles conduziram nos anos 1970 e 1980 estudos que levaram à criação e à produção comercial das baterias de íons lítio, que hoje equipam de celulares a carros elétricos (ver página 70). Whittingham começou a investigar formas inovadoras de armazenar energia na crise do petróleo dos anos 1970. Ele trabalhava na petrolífera Exxon e percebeu que conseguia produzir uma bateria com grande capacidade de acumular carga construindo o eletrodo (polo) positivo com um material que se deposita em lâminas de espessura

QUÍMICA

A saga das baterias recarregáveis

microscópica. Essa estrutura permitia ao lítio dissolvido no eletrólito e eletricamente carregado (na forma de íon) penetrar no material e se acumular, atraindo elétrons. Na Universidade de Oxford, no Reino Unido, Goodenough, hoje com 97 anos e o mais velho ganhador de um Nobel, criou baterias capazes de acumular ainda mais carga ao substituir o dissulfeto de titânio usado por Whittingham no eletrodo positivo por óxido de lítio e cobalto. Nos anos 1980, Yoshino aperfeiçoou essa bateria ao substituir o bloco metálico de lítio (causador de explosões) do eletrodo negativo por um subproduto do petróleo, o coque. “Seu trabalho tornou as baterias mais leves e seguras”, afirma o químico Nerilso Bocchi, da UFSCar. “As baterias de íons-lítio causaram grande impacto na vida das pessoas e abriram um campo de pesquisas para diversificar as tecnologias de armazenamento de energia”, explica o químico Roberto Torresi, da USP.

LITERATURA

Pesquisa histórica e exploração da linguagem

Os ganhadores das edições de 2018 e 2019 do Nobel de Literatura foram, respectivamente, a escritora e ativista polonesa Olga Tokarczuk e o escritor e dramaturgo austríaco Peter Handke. Olga Tokarczuk é a 15ª mulher a receber o Nobel de Literatura, em 116 edições do prêmio. Best-seller na Polônia, ela possui apenas um livro traduzido no Brasil, *Vagantes* (Tinta Negra, 2014). A editora Todavia, responsável por sua obra a partir de novembro, prepara o lançamento de *Sobre os ossos dos mortos*. “A escritora desenvolve um trabalho minucioso de pesquisa histórica, com vistas ao resgate de aspectos que ficaram à margem do conhecimento canônico”, afirma Henryk Siewierski, coordenador da Cátedra Cyprian Norwid de Estudos Poloneses da Universidade de Brasília (UnB). Em seus cerca de 20 livros, Tokarczuk, que nasceu em 1962 na cidade de Sulechów, também traz à luz visão pouco ortodoxa da história polonesa. Já Peter Handke, nascido em 1942 em Griffen, na

fronteira da Áustria com a Eslovênia, é formado em direito e vive em Paris, na França. Considerado inovador na literatura de língua alemã, publicou cerca de uma centena de livros, entre contos, romances, peças teatrais e roteiros para o cinema. “Handke é um explorador da linguagem e investe contra todas as convenções. Tenta apreender o mundo sem que o pensamento atravessasse essa apreensão; interessam-lhe apenas sensações, em uma busca de simplicidade, autenticidade e pureza”, observa Celeste Henriques Marquês Ribeiro de Sousa, professora do Programa de Pós-graduação em Língua e Literatura Alemã da Universidade de São Paulo (USP). A migração e a solidão também são temas recorrentes em suas obras. Grupos de escritores de vários países criticaram a premiação a Handke, que, no passado, apoiou o líder sérvio Slobodan Milosevic (1941-2006), acusado pelo Tribunal Penal Internacional de cometer crimes contra a humanidade.



Olga Tokarczuk e Peter Handke



MEDICINA

Os genes do sensor de oxigênio do corpo

A descrição dos mecanismos moleculares que ajudam as células a se adaptarem aos níveis de oxigênio (O_2) rendeu o Nobel de Medicina de 2019 a William Kaelin Jr., da Universidade Harvard, Gregg Semenza, da Universidade Johns Hopkins, ambas nos Estados Unidos, e Peter Ratcliffe, da Universidade de Oxford, no Reino Unido. Essa regulação, identificaram, ocorre pela ativação ou desligamento de alguns genes. O oxigênio é usado no interior das células para transformar glicose em energia. Muitas vezes, contudo, a disponibilidade de oxigênio diminui (hipóxia). No processo evolutivo, o organismo humano desenvolveu mecanismos para identificar a disponibilidade de O_2 e garantir que ele chegue em nível suficiente aos tecidos. Um envolve o corpo carotídeo, o outro, o hormônio eritropoietina (EPO). Os dois sistemas eram conhecidos, mas não os

genes que os regulavam. Nos anos 1990, Semenza e seu grupo localizaram trechos do DNA próximos ao gene EPO que ajudam a mediar a resposta do organismo à hipóxia, codificando um complexo proteico, o fator induzível por hipóxia (HIF). Estudando esses genes, Ratcliffe viu que o mecanismo estava presente em várias células do corpo. Kaelin, pesquisando a Síndrome de von Hippel-Lindau, doença genética associada a tumores desencadeados por mutações no gene VHL, percebeu que as células cancerígenas com funcionamento anormal do VHL tinham ativação elevada de genes regulados por hipóxia. A atividade desses genes era normalizada quando cópias normais eram reintroduzidas nas células. Kaelin concluiu que a proteína expressa pelo VHL interagia com o HIF, favorecendo sua degradação.



William Kaelin Jr. (no alto),
sir Peter Ratcliffe (no centro)
e Gregg Semenza

ECONOMIA

Estudos sobre formas de combater a pobreza

Neste ano o Nobel de Economia homenageou três pesquisadores que ajudaram a desenvolver métodos inovadores de pesquisa sobre a pobreza e as formas de combatê-la. O norte-americano Michael Kremer, da Universidade Harvard, o indiano radicado nos Estados Unidos Abhijit Banerjee e a franco-americana Esther Duflo, ambos do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), dividirão o prêmio, criado em 1969 pelo Banco Central da Suécia, em memória a Alfred Nobel. Na década de 1990, Kremer, de 54 anos, Banerjee, de 58 anos, e Duflo, de 46 anos, apostaram em métodos experimentais pouco usados na pesquisa em economia para descobrir formas de tirar um grande número de indivíduos da pobreza extrema. Fatiaram o problema em múltiplas perguntas e realizaram experimentos em comunidades ou países para avaliar quais práticas e políticas públicas resolveriam melhor cada aspecto. "Eles incorporaram à análise de políticas públicas métodos usados na medicina, como a realização de ensaios

randomizados", diz o economista Naercio Menezes Filho, do Insper, instituição de ensino superior e pesquisa sediada em São Paulo. A mesma abordagem usada em estudos sobre a eficiência de medicamentos, como a seleção aleatória do grupo tratado com o princípio ativo e do grupo que recebe placebo, foi aplicada na busca de estratégias para combater a mortalidade infantil ou aumentar a frequência escolar. Nos anos 1990, Kremer analisou o desempenho escolar de grupos de crianças no Quênia e concluiu que a oferta de mais livros não tinha impacto nas notas, evidenciando que a escassez de recursos não explicava sozinha os problemas de aprendizagem. Casados, Duflo e Banerjee trabalharam na Índia e viram que métodos de ensino criados sem levar em conta as necessidades dos alunos eram uma barreira ao aprendizado. O treinamento de tutores melhorou o desempenho. Nascida na França, Duflo é a pessoa mais jovem — e a segunda mulher — a ganhar um Nobel de Economia.



Abhijit Banerjee
(à esq.), Esther Duflo
e Michael Kremer

ESPECIAL AMAZÔNIA

A FLORESTA DA CHUVA

A Amazônia leva umidade
para as demais regiões do Brasil
e até outros continentes

Marcos Pivetta





1

Se 60% da Amazônia é brasileira e 40% de outros oito países, por que o mundo deveria se preocupar com o destino da maior floresta tropical do planeta? Não seria pela produção de oxigênio, mito que sempre ressurge quando as queimadas ganham força e a taxa de desmatamento sobe na região, como ocorreu neste ano, colocando em risco os supostos “pulmões do mundo”. De dia, as plantas fazem fotossíntese e transformam a energia solar em química, basicamente carboidratos (açúcares) vitais para sua sobrevivência. Nesse processo, elas absorvem vapor-d’água e dióxido de carbono (CO₂), o mais importante gás de efeito estufa, e liberam oxigênio. Mas à noite, quando não realizam fotossíntese, e apenas respiram, elas consomem oxigênio e expiram CO₂. No fim do dia, feitas as contas, há um empate técnico entre a quantidade de oxigênio consumida e liberada. Na verdade, a fotossíntese de toda a vegetação do planeta libera uma quantidade de oxigênio que praticamente não altera a concentração atmosférica desse gás.

Além de ser detentora de cerca de 15% de toda a biodiversidade do planeta, uma razão em si suficiente para preservá-la, a Amazônia desempenha vários papéis fundamentais para a química atmosférica em nível regional, continental e até global. “A floresta é uma grande fonte de vapor-

-d’água não só para a região Norte como para o Centro-Sul do país e a bacia do Prata”, comenta o físico Paulo Artaxo, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF-USP). “Atua fortemente para regular o clima em diferentes escalas, inclusive remotamente.” Se for para recorrer a uma metáfora, a Amazônia seria o ar-condicionado do planeta, espalhando frescor e umidade — em outras palavras, chuva — sobre si mesma e demais partes do globo. Não é força de expressão a língua inglesa chamar a Amazônia e outras matas úmidas tropicais de *rainforests*, literalmente florestas da chuva. Nesses pontos do planeta, há coberturas vegetais densas e exuberantes porque chove de forma quase contínua e muito, entre 2 mil e 4.500 milímetros (mm) por ano.

A umidade que chega à imensa bacia amazônica é trazida por ventos que sopram do oceano Atlântico tropical em direção ao continente. Esse vapor-d’água gera chuva sobre a floresta. Em um primeiro momento, a vegetação e o solo absorvem a água. Em um segundo, ocorre o fenômeno conhecido como evapotranspiração: parte da chuva evapora dos solos e as plantas transpiram. Essas ações devolvem uma grande fração da umidade inicial à atmosfera, que produz mais pluviosidade sobre a mata. Essa interação gera um ciclo perene muito eficiente de reaproveitamento da água. Por isso, os pesquisadores

Incêndio florestal
no estado de
Mato Grosso

dizem que a Amazônia processa parte de sua própria chuva. Mas nem todo esse vapor-d'água permanece estacionado sobre a floresta. Ao ser devolvida à atmosfera, uma parte dessa umidade gera correntes aéreas que transportam chuva para o centro-sul do continente. São os famosos rios voadores. Diariamente, esses rios aéreos transportam cerca de 20 bilhões de toneladas de água, 3 bilhões de toneladas a mais do que o rio Amazonas, o de maior volume de água do mundo, despeja cotidianamente no Atlântico.

O desmatamento e a possível fragmentação da floresta tropical podem comprometer sua capacidade de enviar vapor-d'água para o Brasil Central e o Sul do continente. “A Amazônia é uma área predominantemente plana e contínua, que, nos modelos climáticos, consideramos como um bloco, uma entidade em si”, explica o climatologista José Marengo, chefe do setor de Pesquisa e Desenvolvimento do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). “Mudanças significativas em sua cobertura vegetal alteram o sistema de circulação atmosférica e podem ter repercussões sobre o regime de chuvas em lugares distantes. Podem dar origem a eventos extremos, como a diminuição do total de pluviosidade ou sua concentração em poucos dias.” Fora da região Norte, o efeito umidificador da Amazônia é sentido de forma mais evidente no Sudeste, na Bacia do Prata e no Centro-Oeste, cujas atividades agropecuárias se beneficiam de

uma redução de temperatura causada por ventos amenos vindos da floresta.

Em 19 de agosto deste ano, os paulistanos tiveram uma amostra das conexões à distância que interligam a atmosfera amazônica com o clima da cidade de São Paulo. Por volta das 15h, no meio da tarde, um temporal invernal escureceu o céu da metrópole. O dia que vira noite chama a atenção, mas não chega a ser um fenômeno raro. Incomum foi a chuva preta que caiu durante a tempestade. Análises feitas no Instituto de Química da USP encontraram na água da chuva o composto orgânico reteno, da classe dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), formado apenas quando ocorre a queima de biomassa, como árvores. Como a data da chuva negra em São Paulo coincidiu com um pico de queimadas na região Norte e em países vizinhos, o reteno deve ter sido produzido pelos incêndios florestais que levaram a Amazônia a ser notícia de primeira página no mundo naquele mês. A fumaça das queimadas foi transportada até a capital paulista, onde se juntou às nuvens de chuva.

Nos últimos anos, alguns trabalhos têm tentado medir qual seria o impacto do desaparecimento ou da redução drástica da área das grandes florestas tropicais sobre o clima em diferentes partes do planeta e suas implicações para a agricultura. Um artigo publicado em 2015 na revista científica *Nature Climate Change* compilou e analisou dados de mais de 20 estudos

2



Chuva negra em 19 de agosto de 2019 no meio da tarde em São Paulo continha composto produzido por incêndios florestais

de modelagem climática e artigos científicos que tratavam das repercussões do desmatamento total ou parcial das três grandes florestas tropicais: a Amazônia, a maior delas, a da África Central, na bacia do Congo, e a do Sudeste Asiático. As duas primeiras formam blocos contínuos de vegetação, mas a Amazônia é 70% maior e mais úmida do que as florestas africanas, que também sofreram neste ano grandes incêndios. A maior parte das florestas do Sudeste Asiático está espalhada por ilhas da região, como Indonésia e Malásia. A Amazônia é 2,5 vezes maior do que as matas dessa região.

Além de estimular localmente secas e picos de temperatura, o desmatamento completo das florestas tropicais faria o clima do planeta esquentar mais 0,7 °C, próximo do nível de aquecimento global atualmente experimentado pelo aumento do efeito estufa desde a Revolução Industrial. As maiores repercussões do desmatamento completo, no entanto, seriam sobre o regime de chuvas (ver mapa abaixo). “O desflorestamento tropical causaria um golpe duplo no clima e nos agricultores”, disse, em material de divulgação do estudo, a professora de ciências ambientais Deborah Lawrence, da Universidade da Virgínia, nos Estados Unidos, principal autora do estudo. “A remoção de florestas alteraria a umidade e o fluxo de ar,

levando a mudanças que seriam igualmente perigosas e aconteceriam imediatamente. Os impactos iriam além dos trópicos. O Reino Unido e o Havaí poderiam ter um aumento nas chuvas, enquanto o meio-oeste dos EUA e o sul da França, um declínio.” O cultivo de grãos, como milho, trigo, cevada e soja, é disseminado nessa região norte-americana. Na França meridional, além dos grãos, há expressiva produção de vinho e de lavanda.

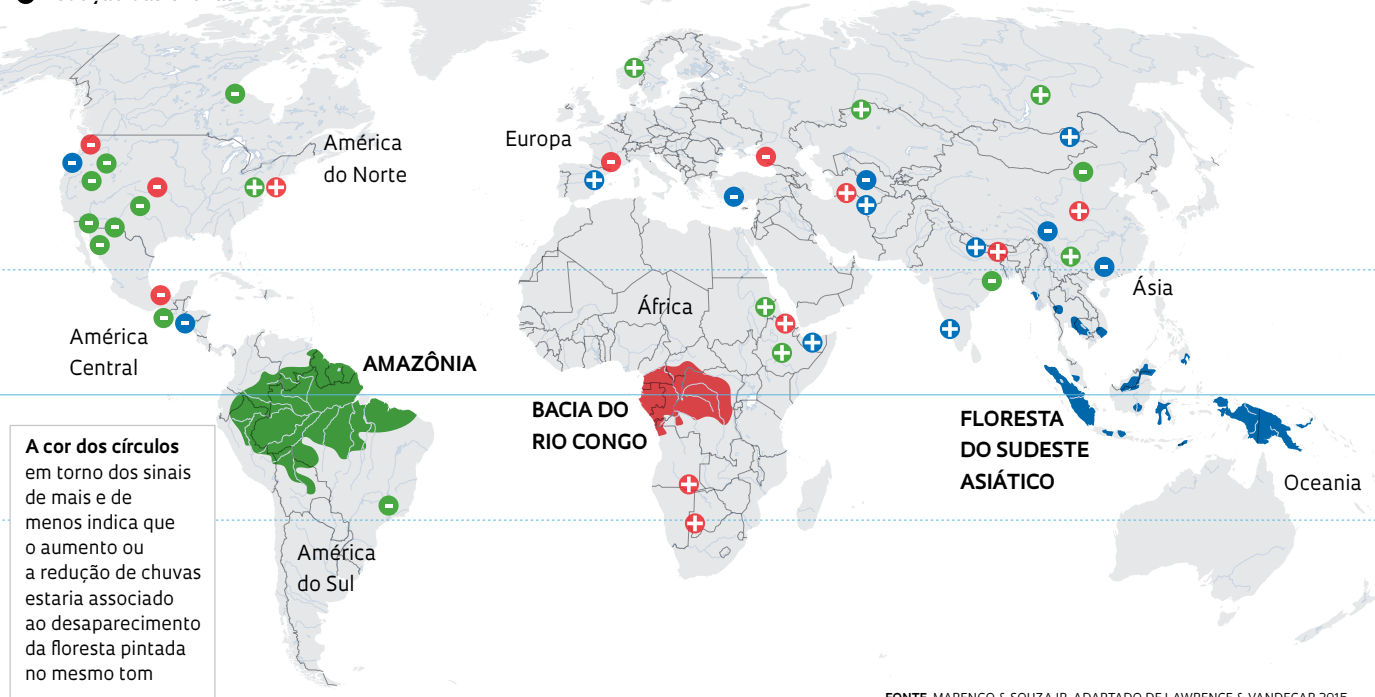
Em outubro deste ano, em um encontro na Universidade Princeton, nos Estados Unidos, para discutir a importância da Amazônia para o planeta, um trabalho de modelagem climática semelhante foi divulgado. No estudo, coordenado pelo ecólogo Stephen Pacala e a climatologista Elena Shevliakova, ambos de Princeton, foram simuladas quais seriam as consequências se toda a floresta amazônica virasse pastagem. Na escala global, o mundo ficaria 0,25 °C mais quente. No Brasil, as chuvas seriam reduzidas em um quarto e a própria Amazônia ficaria 2,5 °C mais quente. O cenário de desaparecimento total das florestas tropicais é muito radical e dificilmente irá se materializar. No entanto, trabalhos como o de Lawrence sinalizam que um desmatamento entre 30% e 50% seria

Impacto do desmatamento

O desaparecimento total das três grandes florestas tropicais poderia mudar o regime de chuvas nos continentes

⊕ Aumento das chuvas

⊖ Redução das chuvas



FONTE MARENGO & SOUZA JR, ADAPTADO DE LAWRENCE & VANDECAR 2015



1



2

Simulação aponta que desmatamento total da Amazônia aumentaria em 2,5 °C a temperatura na região Norte

Estudos de modelagem indicam que o desmatamento total das florestas tropicais poderia afetar o clima em importantes áreas agrícolas distantes, como o meio-oeste dos Estados Unidos (*alto*) e o sul da França

suficiente para produzir fortes impactos globais, além da savanização de parte da floresta.

A ameaça à Amazônia não derivaria apenas da ação das motosserras ou do fogo das queimadas. Uma pesquisa recente sugere que o próprio aquecimento global estaria por trás de um misterioso aumento na mortalidade de certos tipos de árvores em áreas de mata fechada, em zonas bem preservadas, onde teoricamente a resiliência da vegetação deveria ser alta. Publicado em novembro do ano passado na revista científica *Global Change Biology*, o estudo analisou o diâmetro dos anéis de crescimento de árvores individuais em 106 trechos da floresta e concluiu que as não adaptadas a condições de estresse, como seca prolongada e temperaturas mais elevadas, estariam perecendo mais do que as demais.

As espécies mais aptas a crescer em ambientes úmidos estariam perdendo espaço para as que se desenvolvem mais facilmente em clima seco. “As árvores adaptadas à umidade morrem, abrem pequenas clareiras no meio da floresta e são substituídas por espécies de crescimento mais rápido, como a embaúba”, explica a ecóloga brasileira Adriane Esquivel-Muelbert, da Universidade de

Leeds, no Reino Unido, principal autora do trabalho. “O aquecimento global está mudando a biodiversidade das espécies que compõem a floresta.” Esses trechos da Amazônia são acompanhados há 30 anos por pesquisadores do Brasil e do exterior dentro do projeto Amazon Forest Inventory Network (Rainfor). O problema dessa substituição é que as novas espécies dominantes crescem rápido, mas têm vida efêmera e retiram menos carbono da atmosfera, um dos papéis mais importantes da Amazônia, ao lado de seu efeito de disseminação de umidade. ■

Projeto

O ciclo de vida de aerossóis e nuvens na Amazônia: Emissões biogênicas, emissões de queimadas e impactos no ecossistema (nº 17/17047-0) **Modalidade** Projeto Temático (Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais); **Pesquisador responsável** Paulo Artaxo (USP); **Investimento** R\$ 4.618.069,85.

Artigos científicos

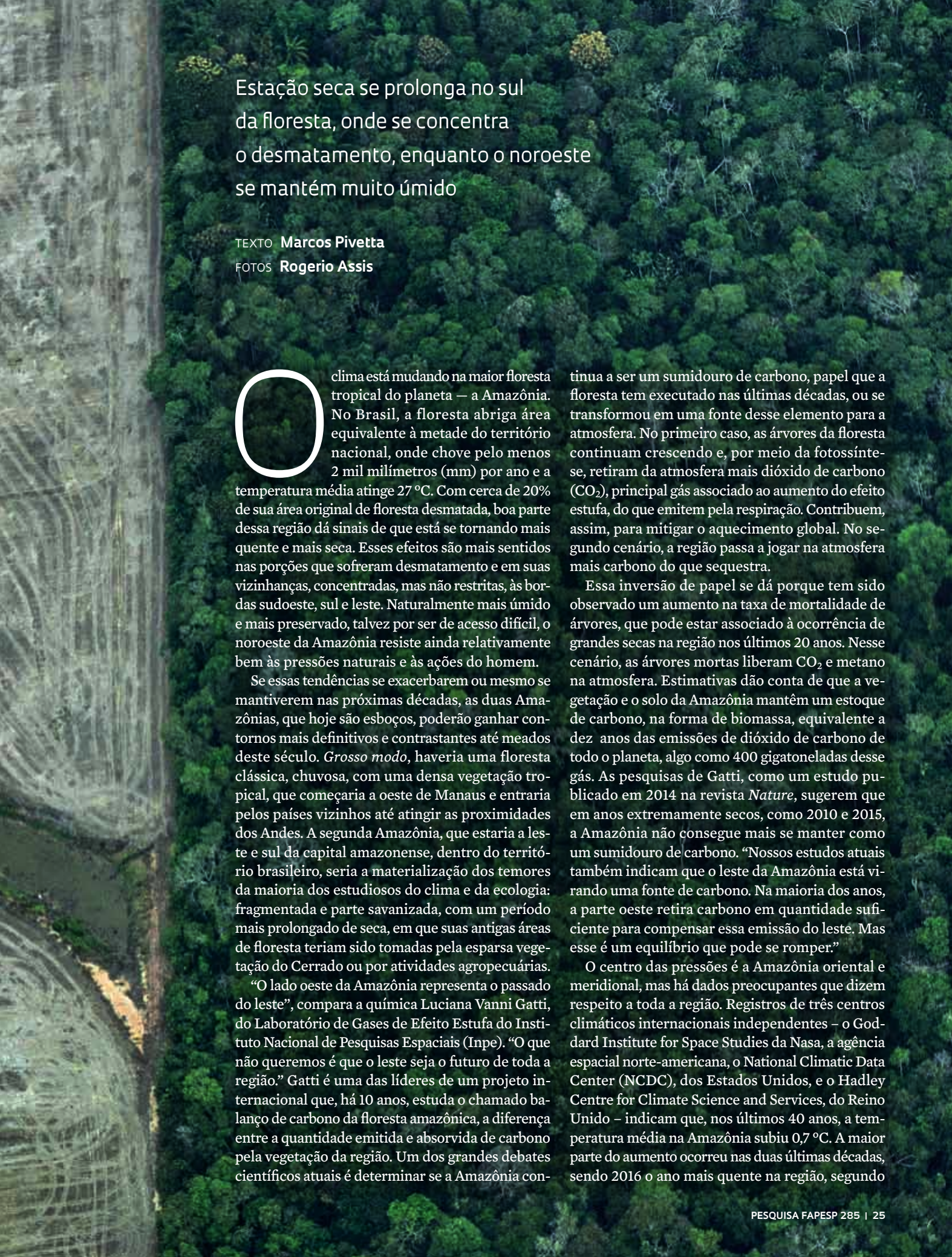
ESQUIVEL-MUELBERT, A. *et al.* Compositional response of Amazon forests to climate change. *Global Change Biology*. 8 nov. 2018.
LAWRENCE, D. e VANDECAR, K. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. *Nature Climate Change*. 28 jan. 2015.

Os demais projetos e artigos mencionados nesta reportagem estão disponíveis no site da revista.

An aerial photograph showing a large area of deforestation in the Amazon. A dark, winding river flows through a landscape of cleared land, marked by numerous parallel tracks from heavy machinery. A narrow, dark green strip of forest follows the course of the river, providing a stark contrast to the surrounding cleared land.

AS DUAS AMAZÔNIAS

Trecho de floresta preservada
em Mato Grosso ao lado
de terreno desmatado para
plantar soja



Estação seca se prolonga no sul da floresta, onde se concentra o desmatamento, enquanto o noroeste se mantém muito úmido

TEXTO **Marcos Pivetta**

FOTOS **Rogério Assis**

O clima está mudando na maior floresta tropical do planeta — a Amazônia. No Brasil, a floresta abriga área equivalente à metade do território nacional, onde chove pelo menos 2 mil milímetros (mm) por ano e a temperatura média atinge 27 °C. Com cerca de 20% de sua área original de floresta desmatada, boa parte dessa região dá sinais de que está se tornando mais quente e mais seca. Esses efeitos são mais sentidos nas porções que sofreram desmatamento e em suas vizinhanças, concentradas, mas não restritas, às bordas sudoeste, sul e leste. Naturalmente mais úmido e mais preservado, talvez por ser de acesso difícil, o noroeste da Amazônia resiste ainda relativamente bem às pressões naturais e às ações do homem.

Se essas tendências se exacerbarem ou mesmo se mantiverem nas próximas décadas, as duas Amazônias, que hoje são esboços, poderão ganhar contornos mais definitivos e contrastantes até meados deste século. *Grosso modo*, haveria uma floresta clássica, chuvosa, com uma densa vegetação tropical, que começaria a oeste de Manaus e entraria pelos países vizinhos até atingir as proximidades dos Andes. A segunda Amazônia, que estaria a leste e sul da capital amazonense, dentro do território brasileiro, seria a materialização dos temores da maioria dos estudiosos do clima e da ecologia: fragmentada e parte savanizada, com um período mais prolongado de seca, em que suas antigas áreas de floresta teriam sido tomadas pela esparsa vegetação do Cerrado ou por atividades agropecuárias.

“O lado oeste da Amazônia representa o passado do leste”, compara a química Luciana Vanni Gatti, do Laboratório de Gases de Efeito Estufa do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). “O que não queremos é que o leste seja o futuro de toda a região.” Gatti é uma das líderes de um projeto internacional que, há 10 anos, estuda o chamado balanço de carbono da floresta amazônica, a diferença entre a quantidade emitida e absorvida de carbono pela vegetação da região. Um dos grandes debates científicos atuais é determinar se a Amazônia con-

tinua a ser um sumidouro de carbono, papel que a floresta tem executado nas últimas décadas, ou se transformou em uma fonte desse elemento para a atmosfera. No primeiro caso, as árvores da floresta continuam crescendo e, por meio da fotossíntese, retiram da atmosfera mais dióxido de carbono (CO₂), principal gás associado ao aumento do efeito estufa, do que emitem pela respiração. Contribuem, assim, para mitigar o aquecimento global. No segundo cenário, a região passa a jogar na atmosfera mais carbono do que sequestra.

Essa inversão de papel se dá porque tem sido observado um aumento na taxa de mortalidade de árvores, que pode estar associado à ocorrência de grandes secas na região nos últimos 20 anos. Nesse cenário, as árvores mortas liberam CO₂ e metano na atmosfera. Estimativas dão conta de que a vegetação e o solo da Amazônia mantêm um estoque de carbono, na forma de biomassa, equivalente a dez anos das emissões de dióxido de carbono de todo o planeta, algo como 400 gigatoneladas desse gás. As pesquisas de Gatti, como um estudo publicado em 2014 na revista *Nature*, sugerem que em anos extremamente secos, como 2010 e 2015, a Amazônia não consegue mais se manter como um sumidouro de carbono. “Nossos estudos atuais também indicam que o leste da Amazônia está virando uma fonte de carbono. Na maioria dos anos, a parte oeste retira carbono em quantidade suficiente para compensar essa emissão do leste. Mas esse é um equilíbrio que pode se romper.”

O centro das pressões é a Amazônia oriental e meridional, mas há dados preocupantes que dizem respeito a toda a região. Registros de três centros climáticos internacionais independentes — o Goddard Institute for Space Studies da Nasa, a agência espacial norte-americana, o National Climatic Data Center (NCDC), dos Estados Unidos, e o Hadley Centre for Climate Science and Services, do Reino Unido — indicam que, nos últimos 40 anos, a temperatura média na Amazônia subiu 0,7 °C. A maior parte do aumento ocorreu nas duas últimas décadas, sendo 2016 o ano mais quente na região, segundo

artigo de revisão publicado por pesquisadores brasileiros e europeus em dezembro do ano passado na revista científica *Frontiers in Earth Sciences*. “As três últimas grandes secas da região, em 2005, 2010 e 2015-2016, foram classificadas como eventos extremos que ocorrem a cada 100 anos”, comenta o principal autor desse trabalho, o climatologista José Marengo, chefe do setor de Pesquisa e Desenvolvimento do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). “O clima na Amazônia está ficando mais imprevisível. Nos últimos 10 anos, tivemos também três grandes cheias, com megainundações, em 2009, 2012 e 2014.”

O histórico de variação dos índices de pluviosidade na região Norte é mais nuançado do que a análise do comportamento de sua temperatura nas últimas décadas. Nesse quesito, a dicotomia leste e oeste, ainda que esquemática, aparece de maneira mais evidente. Estudos recentes apontam que o total de chuvas na Amazônia como um todo não se alterou de forma significativa nas quatro últimas décadas, ou talvez tenha apresentado um ligeiro declínio. Mas, quando as análises são refinadas em função de determinados períodos do ano e de sub-regiões, algumas tendências ganham força.

A porção meridional-leste, onde se localiza o chamado arco do desmatamento, que concentra 75% do desflorestamento da Amazônia, dá indícios de estar sofrendo com mais estiagens prolongadas durante a estação seca. O noroeste fornece pistas de que está passando pelo fenômeno inverso, com mais chuvas durante a estação mais úmida. Entre 1981 e 2017, houve uma redução de 18% nos índices pluviométricos entre setembro e novembro no sudeste da Amazônia sul-americana. No noroeste, o aumento de pluviosidade foi da ordem de 17% e se deu entre março e maio. Esse levantamento aparece em um artigo publicado em setembro de 2018 pelo climatologista Jhan Carlos Espinoza, do Instituto Geofísico do Peru, na revista *Climate Dynamics*. O

trabalho usou dados de dois monitoramentos de chuva na Amazônia: o Chirps, da Universidade da Califórnia em Santa Bárbara, e o HOP.

O prolongamento dos dias sem chuva ou com pouquíssima pluviosidade durante a estação seca parece ser um dos eventos com potencial mais disruptivo do clima e da vegetação da Amazônia. “Se a estação seca atingir quatro meses, chegamos no ponto de não retorno da floresta”, diz o climatologista Carlos Nobre, do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (IEA-USP). “O Cerrado tem mais de quatro meses sem chuvas. Um tempo tão longo de seca não serve de sustentação para uma floresta como a Amazônia.” Nesse caso, a escalada da escassez de umidade poderia levar à chamada savanização da floresta tropical. Esse processo seria caracterizado pela substituição de uma mata densa e fechada, típica de climas muito úmidos, por uma vegetação próxima à do Cerrado, formada por plantas arbustivas e poucas árvores, característico de zonas mais secas. As florestas tropicais têm mais impacto sobre o clima, pois fornecem mais umidade e retiram mais carbono da atmosfera do que o Cerrado.

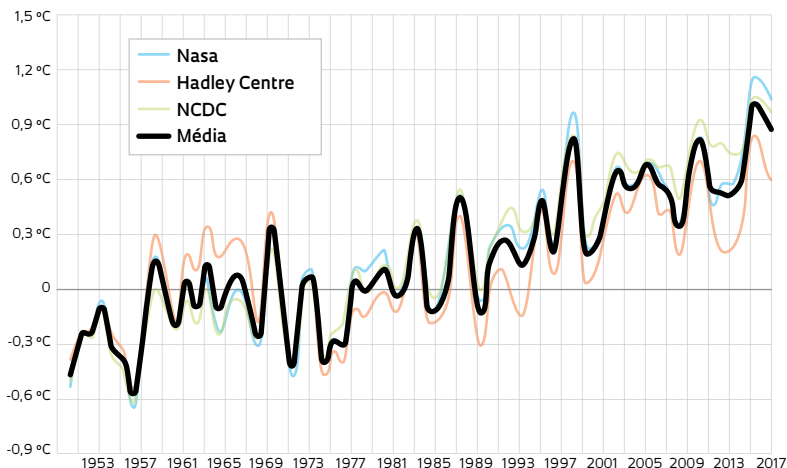
Entre 1950 e meados dos anos 1970, a estiagem na parte meridional da floresta, quando chove menos de 50 mm por mês, começava no final de maio ou início de junho e terminava nos últimos dias de agosto. Nas últimas quatro décadas, o período de seca aumentou de 15 a 30 dias, chegando quase em outubro, conforme mostrado no *paper* citado de Marengo. Em editorial publicado em 21 de fevereiro de 2018 na revista *Science Advances*, Nobre e o biólogo norte-americano Thomas Lovejoy, da Universidade George Mason, nos Estados Unidos, disseram que, se entre 20% e 25% da Amazônia for desmatada, a floresta tropical terá atingido esse ponto de não retorno. Estudos anteriores situam esse momento de inflexão caso a floresta atinja um limiar entre 20% e 40% de sua área desmatada.

Em qualquer bioma, as variações de temperatura e sobretudo os índices de pluviosidade moldam

Dados indicam Amazônia mais quente

Três fontes distintas apontam aumento de 0,7 °C na temperatura média da região nas últimas quatro décadas

FONTE: MARENGO & SOUZA JR.





Nascente seca de rio na bacia do Xingu, perto do Parque Indígena do Xingu

o tipo de vegetação que nele cresce. Quase não há plantas, por exemplo, em desertos devido à extrema escassez de chuvas. Na Amazônia, essa relação também se faz presente, mas, em um mecanismo de retroalimentação, a imensa floresta tropical contribui para a manutenção do clima extremamente úmido da região Norte. Isso porque a Amazônia processa sua própria chuva, ou pelo menos metade dela. A umidade que vem do Atlântico é capturada e processada pelas árvores da floresta, sendo posteriormente redistribuída regionalmente ou transportada até o Centro-Sul da América do Sul. “Cada árvore bombeia por dia 500 litros de água para a atmosfera. Essa função só é eficiente se a cobertura florestal se mantiver contínua”, comenta o ecólogo Paulo Moutinho, do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), organização não governamental (*ver entrevista com o pesquisador na página 30*). Cortar árvores mina a sinergia entre clima e vegetação na floresta tropical. Mais chuvas levam a mais árvores – e mais árvores levam a mais chuvas.

Em tese, o aumento dos gases de efeito estufa poderia, paradoxalmente, produzir um efeito positivo sobre a Amazônia: servir de fertilizante para sua vegetação. Com mais CO₂ disponível na atmosfera, as plantas fariam mais fotossíntese e cresceriam mais. Mesmo uma floresta madura como a Amazônia, em que boa parte de sua vegetação teria ultrapassado a fase de crescimento, poderia

se beneficiar dessa adubação atmosférica. O nível atual desse gás, de cerca de 410 partes por milhão (ppm), é um recorde histórico. As condições são ideais para essa hipótese ser testada. Esse é um dos objetivos do Amazon-Face, projeto que reúne cientistas brasileiros e do exterior que pretende borrifar altas concentrações de CO₂ em trechos da floresta intacta para averiguar sua reação.

Por ora, pesquisas preliminares foram conduzidas em torno de duas torres de instrumentação. Os primeiros resultados, obtidos a partir de modelagens computacionais e dados de campo (sem injeção de dióxido de carbono), indicam que pode haver limitações para que a fertilização ocorra. “A escassez de fósforo nos solos da Amazônia parece restringir em 50% a capacidade de as árvores aproveitarem o carbono extra da atmosfera”, comenta o ecólogo David Lapola, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), um dos autores de um estudo com esses resultados iniciais do projeto, publicado em agosto na revista *Nature Geoscience*. Como se vê, ainda não se sabe se, via fertilização por CO₂, o aquecimento global pode ter um impacto positivo sobre certas espécies vegetais. ■

Projeto

INCT para Mudanças Climáticas (nº 14/50848-9); Modalidade Projeto Temático (Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais); Acordo CNPq-INCTs; Pesquisador responsável José Marengo (Cemaden); Investimento R\$ 3.589.332,54.



Torre de observação dos
processos climáticos
nos arredores de Manaus



DE PÉ NA FLORESTA

Biologia, economia e viagens de bicicleta ajudam ecólogo a pensar o desenvolvimento sustentável da Amazônia

Maria Guimarães



Paulo Moutinho tem uma vivência rara de Amazônia: percorreu 1.200 quilômetros (km) da rodovia Transamazônica de bicicleta. Ao longo dessa viagem e outras, foi ameaçado de morte, acolhido, viu miséria e felicidade. Conversou com garimpeiros, agricultores, índios e ribeirinhos, em busca de elementos que permitissem construir uma concepção do desenvolvimento possível e necessário para a região.

Um dos fundadores e pesquisador do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), uma Organização Não Governamental (ONG) fundada em 1995 e voltada para integrar pesquisas científicas às necessidades sociais da região,

ele estudou formigas na pós-graduação na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e já foi professor na Universidade Federal do Pará (UFPA).

O ecólogo vive parte do tempo em Brasília, onde o Ipam tem escritório, e parte em Belém, cidade que sedia a organização. Nesta entrevista, concedida em 9 de outubro em São Paulo, ele defende que se reconheça a riqueza da floresta – do ponto de vista econômico – e se busquem maneiras de combater a desesperança ambiental.

Há dois anos você pedalou 1.200 quilômetros pela Amazônia. O que aprendeu?

Percorremos o trecho não asfaltado da Transamazônica. Um dos ciclistas era Osvaldo Stella, que era cientista no Ipam e

25 anos antes tinha pedalado esse mesmo trecho desde Itaituba, no Pará, até Humaitá, no Amazonas. Também foi o norte-americano Chris Cassidy, que era chefe dos astronautas da Nasa [agência espacial norte-americana]. Esse trecho é uma amostra do uso da terra na Amazônia: muito garimpo, exploração ilegal de madeira, pecuária extensiva de baixa produtividade, terras indígenas, áreas protegidas e, no fim, campos de soja. Há 25 anos, em alguns trechos a Transamazônica era uma picada, praticamente não passavam carros, mas já havia uma forte pressão de desmatamento. Percebemos que hoje a degradação da floresta continua, sem gerar riqueza. Só que essa destruição se acelerou, com mais recursos e tecnologia.



Para pesquisador, a saída é usar de forma integrada os recursos da região e os serviços prestados por ela

Seria possível desenvolver a região amazônica e melhorar a renda da população com o mínimo de deterioração?

A saída para a Amazônia é usar de forma integrada os recursos da região e os serviços prestados por ela. É fundamental trazer valor para a floresta em pé, pode haver compensações para que as pessoas recebam recursos. Ao mesmo tempo, é preciso aumentar a eficiência no campo com uma agricultura mais sustentável, mais produtiva. O terceiro ponto é o gado: intensificar essa atividade concentrando mais cabeças por área. A sociedade brasileira já provou que sabe preservar a floresta e reduzir a sua destruição. Fizemos isso de 2005 a 2012, quando caiu em 80% a taxa de desmatamento. Nesse

mesmo período, dobramos a produção de grãos e de carne na Amazônia.

É possível conciliar o combate ao desmatamento, os modos de vida tradicionais e o desenvolvimento rural?

Sim, uma coisa depende da outra. A floresta amazônica funciona como um ar-condicionado do planeta. Lá está armazenada uma década de emissão global, se você desmatar e jogar o gás carbônico na atmosfera, vai agravar a mudança global do clima. A floresta também funciona como um sistema de irrigação gigante do qual o agronegócio, que tanto se quer expandir, depende enormemente. Sem a floresta não existe a mesma produção que se teria com floresta. Esse problema não é só ambiental, é econômico.

Que mudanças climáticas você nota nos últimos 30 anos?

No Parque Indígena do Xingu, vários estudos indicam uma combinação nefasta. A mudança climática global está associada ao fenômeno El Niño, que fica cada vez mais intenso e longo e traz muita seca para a região, potencializada pelo desmatamento. Pela combinação das duas coisas, algumas regiões com muita área desmatada já ficaram mais de 1 grau Celsius [°C] mais quentes. Parece pouco, mas na escala do clima é muita coisa. A diferença da floresta para a área desmatada é entre 6 e 8 °C, em média. O período de chuva encurtou duas semanas. Para o plantio de soja é muito relevante, 95% da agricultura do país não é irrigada e depende de chuva. Em 2016 houve grande desmatamento e uma seca forte. Os sojeiros plantaram sete vezes, um custo enorme, e a chuva simplesmente não vinha. Esse é o cenário daqui para a frente se não fizermos nada.

Como as florestas públicas deveriam ser manejadas?

São terras do governo, seja estadual ou federal, em um limbo fundiário. O governo não diz para que servem essas áreas. A Lei de Floresta Pública que foi aprovada em 2006 pelo Congresso diz que é preciso manter essas áreas como florestas, e públicas. Mas enquanto o governo não diz se vai ser uma área de preservação, de produção de madeira, uma APA [Área de Proteção Ambiental], um parque nacional ou uma terra indígena, elas ficam na mão dos grileiros.

O desmatamento tem crescido por meio do roubo do patrimônio de todos nós.

Tudo gira em torno das decisões que se precisa tomar?

Não podemos ficar esperando que o governo faça algo. A redução do desmatamento entre 2005 e 2012 se deu por quatro coisas fundamentais: uma sociedade científica organizada provendo informações, engajamento de movimentos sociais, as ONGs fazendo a defesa dos projetos e, além disso, vontade política. Como se substitui vontade política, que agora não temos? O mercado tem que começar a exigir. Não compro de você porque está desmatando ilegalmente, tem escravos na sua fazenda. Esse movimento existe porque os executivos veem riscos para os negócios se a tendência continuar na trajetória em que estamos.

O que você considera mais premente na questão climática e ambiental?

Precisamos urgentemente pensar em um novo paradigma da educação. No Ipam temos trabalhado em um projeto que chamamos de cidadania climática. Qual é o cidadão para um planeta em aquecimento – ou aquecido – no futuro? Quais são as habilidades de cidadania que precisamos dar a nossos filhos para enfrentarem o que está por vir? Como eles vão lidar com grandes migrações de pessoas fugindo de secas, algo que já vem acontecendo? A Nova Zelândia está recebendo os moradores do arquipélago de Tuvalu, que está sendo tomado pela água. E quando isso for em uma escala africana, nordestina? Que tipo de educação podemos dar agora para que os tomadores de decisão consigam agir?

E como se pode trazer essas pautas para a educação?

Precisamos começar movimentos de estados, de secretarias da educação e da sociedade. Não ter educação voltada para uma cidadania climática significa formar jovens desesperançosos. Meus dois filhos dizem que não querem ter filhos porque não sabem o planeta que deixaremos para eles. A mensagem da cidadania climática é que é um problema sério, mas há esperança se começarmos a mudar. ■

O site da revista *Pesquisa FAPESP* traz uma versão ampliada desta entrevista.



CRESCER SEM DESTRUIR

Desenvolvimento sustentável da Amazônia
exige mudança na agropecuária tradicional
e aprimoramento do extrativismo agroflorestal

TEXTO **Ricardo Zorzetto**

FOTOS **Rogério Assis**

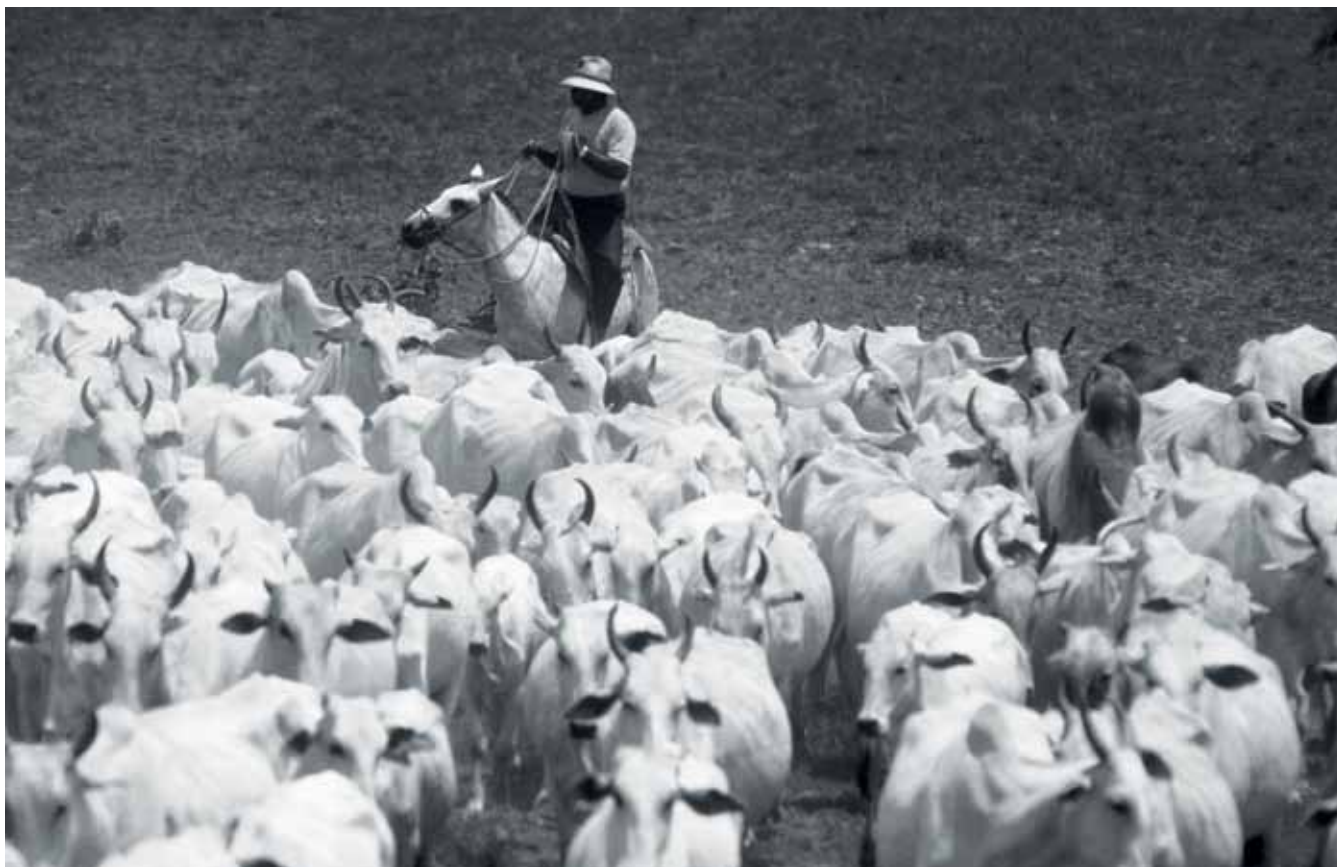


A Amazônia é uma terra de extremos. Seu gigantismo e sua riqueza natural contrastam com a carência econômica, educacional e social de sua população. Os 771 municípios dos nove estados da Amazônia Legal ocupam 5,22 milhões de quilômetros quadrados (522 milhões de hectares). Nessa área correspondente a 61% do território brasileiro cabem os 28 países da União Europeia mais o Egito, ou mais da metade do Canadá, o segundo maior país do mundo. Um quinto das terras do Cerrado e dois terços da floresta amazônica, a maior floresta tropical contínua do mundo, estão na Amazônia Legal. Também é lá que se encontra boa parte das reservas brasileiras de ferro, estanho, alumínio, níquel, cobre, manganês, nióbio, ouro, gás natural e petróleo.

Apesar dessa riqueza, a Amazônia tem hoje quase 28 milhões de habitantes e é marcada por privação. Lá estão 20% das águas dos rios e lagos do planeta, mas também as taxas mais baixas de acesso a água tratada e coleta de esgoto no país. Dos 18,5 milhões de habitantes dos estados da região Norte (Acre, Rondônia, Roraima, Amazonas, Pará, Tocantins e Amapá), somente 70% vivem em casas com água potável e 13% com coleta de esgoto, segundo dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento divulgados neste ano. Os índices de desempenho escolar e a renda *per capita* na região também estão entre os mais baixos do Brasil. “A região Norte continua a mais pobre do país”, afirma a economista Maria Amélia Enríquez, professora da Universidade Federal do Pará (UFPA). “Desde os anos 1940 a renda da população não melhorou em comparação com a de outras regiões brasileiras”, recorda. “A situação de periferia não se alterou.”

Bertha Becker (1930-2013), geógrafa brasileira que se debruçou sobre as tensões e as estratégias relacionadas à ocupação da Amazônia, dizia que a região, assim como o Brasil e os demais países latino-americanos, era a mais antiga periferia do sistema capitalista mundial. Com a chegada do colonizador europeu no século XVI, teve início o modelo de ocupação e desenvolvimento chamado economia de fronteira. Ele se baseava na contínua incorporação de terras e exploração de recursos naturais, ambos vistos como infinitos.

Açaí coletado por
comunidade ribeirinha na
Ilha de Marajó, Pará



O modo de atuação da metrópole sobre a periferia foi incorporado pelo país. Foi usado pelo governo no século passado para integrar a Amazônia ao restante do Brasil, e continua em prática. Na fronteira sul e sudeste da Amazônia, em uma faixa dos estados de Rondônia e Mato Grosso, a oeste, Pará e Maranhão, a leste, primeiro ocorre a ocupação irregular de terras públicas e a derrubada de árvores, abrindo caminho para a criação de gado, que, mais tarde, cede espaço à soja. É nessa região, conhecida como arco do desmatamento ou, como preferia Becker, arco do povoamento consolidado, que estão muitas das cidades pequenas e médias da Amazônia. Ali, há mineração de grande porte e agropecuária produzida com uso de tecnologia – em princípio, mais eficiente e economicamente rentável, mas que emprega menos gente –, além de garimpos ilegais e exploração irregular de madeira.

Nos anos 1990, a percepção de que os recursos naturais são escassos e finitos contribuiu para uma revalorização da natureza seguindo duas lógicas. Em um artigo de 2005 na revista *Estudos Avançados*, Becker chama a primeira de civilizatória, preocupada com a natureza por seu valor intrínseco de vida, origem de movimentos ambientalistas. A segunda seria a lógica da acumulação, que vê a natureza como “reserva de recursos para a realização de capital futuro”. Nesses quase 30 anos, o redimensionamento do valor da natureza forta-

leceu a atuação e a organização de produtores familiares, grupos ambientalistas, povos originários da floresta e cientistas. Esses grupos há tempos se contrapõem à expansão da agroindústria que consome os recursos naturais, causando tensões e, segundo o discurso atual do governo federal, impedindo o crescimento econômico da região.

A pesar do que se diz, a estagnação não é real. De 1960 a 2015, o Produto Interno Bruto (PIB) da região cresceu à taxa média de 5,9% ao ano, acima da média nacional (4,1%). O PIB da região Norte alcançou R\$ 337,2 bilhões em 2016, segundo os dados mais recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Esse valor corresponde a 5,4% da economia nacional (ver página 39). Quando se somam os dados de Mato Grosso e da maior parte do Maranhão, os outros dois estados que integram a Amazônia Legal, o valor sobe para R\$ 537,2 bilhões (8,6% do PIB brasileiro). “A economia da região Norte não é decadente nem apresenta baixo crescimento”, afirma o economista Aristides Monteiro Neto, do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). “Embora o PIB da região seja modesto, seu crescimento foi elevado para qualquer padrão.”

O avanço nas décadas recentes, no entanto, deu-se em parte à custa da floresta. De 1985 a 2018, a Amazônia perdeu 47 milhões de hectares de vegetação

nativa. Desse total, 39 milhões viraram pastagem e 6 milhões plantações, segundo dados apresentados em agosto deste ano pelo MapBiomas, projeto colaborativo entre universidades, empresas de tecnologia e organizações não governamentais que mapeia mudanças na cobertura e no uso do solo no país. É como se a vegetação de metade de Mato Grosso, o terceiro maior estado brasileiro, tivesse sido eliminada e substituída por capim, soja, milho e algodão.

Diante desse quadro, surge a pergunta. É possível fazer a economia amazônica crescer de modo justo e sustentável preservando a floresta? A resposta não é única nem simples. Algumas saídas, inclusive, ainda precisam ser testadas.

“Não podemos cair no erro de pensar que os problemas da Amazônia se resolvem com uma bala de prata”, afirma o ecólogo Paulo Moutinho, do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), organização não governamental que atua para integrar pesquisa científica às necessidades sociais da região. Ele participou da edição de outubro do programa de debates *Ciência Aberta*, realizado pela FAPESP e o jornal *Folha de S.Paulo*, quando afirmou ser possível fazer o uso sustentável da floresta, até com exploração de madeira, associado a uma agricultura mais tecnológica e à pecuária mais intensiva. “Fizemos esse teste em uma pequena área do Pará e conseguimos, em quatro anos, aumentar a renda

em 120% e reduzir o desmatamento em 78%. É possível combinar oportunidades”, contou Moutinho.

Sejam quais forem as saídas, elas não poderão desprezar o que foi feito e terão de lidar com as peculiaridades dos estados. O modelo de ocupação que vigorou na Amazônia criou uma economia regional com relevância nas contas nacionais, ainda que associada a desflorestamento e concentração de renda e terra nas mãos de poucos.

A Amazônia é hoje a segunda região produtora de soja do Brasil, o segundo maior produtor mundial do grão. Dos 114,8 milhões de toneladas colhidos na safra 2018-2019 no país, 32,5 milhões (28%) vieram de Mato Grosso. A região também concentra 36,4% do rebanho bovino brasileiro, o segundo maior do mundo. Em terras amazônicas, estão quase 80 milhões de animais – deles, 30 milhões estão em Mato Grosso e 20 milhões no Pará.

“O primeiro desafio é tornar não predatória a produção dessas duas *commodities* fundamentais para a economia brasileira. O mundo pede isso ao país”, afirma o sociólogo Ricardo Abramovay, da Universidade de São Paulo (USP). “Cada vez mais a capacidade competitiva dos produtos brasileiros vai depender da disponibilidade de informações sobre como são produzidos.”

Uma fonte alternativa de proteína animal e geração de renda na Amazônia pode estar na pisci-

A pecuária extensiva, seguida do cultivo de soja, é uma forma de avançar sobre a floresta em terras públicas da Amazônia



cultura, com a domesticação de espécies de alto valor comercial, como o pirarucu. Outra proposta de incrementar a economia da região preservando a floresta é tornar a pecuária intensiva (criar mais animais por hectare) e converter pastagens abandonadas em terras agrícolas. Calcula-se que 20% da floresta amazônica já tenham sido derrubados, ou 80 milhões de hectares. A maior parte (53 milhões de hectares) seria hoje ocupada por uma pecuária de produtividade heterogênea, que varia de baixa a alta. “Há quase duas décadas ocorre uma mudança da atividade pecuária para a agrícola nos estados do sul da Amazônia”, afirma o agrônomo Alfredo Homma, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental. “Os produtores de gado começam a perceber que não compensa mais manter um boi por hectare.”

Além da intensificação da pecuária, Homma defende o uso de pastagens degradadas para o plantio domesticado de espécies nativas com relevância comercial. A lista é longa. Cacau, açaí, seringueira, castanha-do-pará, bacuri, pau-rosa, copaíba, entre outras. “Há um movimento de usar os produtos para cosméticos, alimentos, produtos farmacêuticos, plásticos”, conta o químico Lauro Barata, da Universidade Federal do Oeste do Pará (ver página 40).

Índios, extrativistas e ribeirinhos coletam há tempos frutos e outros produtos dessas plantas e comercializam nas cidades. É a forma mais simples de extrativismo, às vezes modificada com o manejo e o adensamento de plantas. Muitos veem nele um possível convívio harmonioso com a natureza. Homma enxerga perda de oportunidade e condenação da população à pobreza. “O extrativismo é uma forma de ganhar tempo até a domesticação de uma cultura, o que depende de muita pesquisa”, afirma. “A produção extrativista, porém, não tem condições de atender o mercado quando aumenta a demanda.”

Há grupos que pensam diferente. Economistas do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (Naea) da UFPA investigam há mais de uma década a

economia do açaí e sua relação com a dinâmica de produção do fruto em áreas florestais manejadas na foz do rio Amazonas e identificaram na atividade uma fonte importante de renda e emprego.

O Pará é o líder nacional na produção desse fruto – colhem-se quase 1 milhão de toneladas por ano. Essa produção movimenta uma cadeia de valor que não é bem mensurada pelas métricas econômicas tradicionais e, portanto, era, em boa parte, invisível. Para conhecer esse mercado, o economista Francisco da Costa Assis, do Naea, teve de desenvolver métricas adequadas para avaliar a contribuição de cada ator dessa cadeia produtiva. Extrair informações dos censos agropecuários de 1996 e 2006, Costa e o economista Danilo Fernandes mediram a evolução da cadeia de produção de açaí e outros produtos de origem agroextrativista e sua participação na economia agropecuária da região. Em 2006, a produção extrativista de origem familiar gerou recursos correspondentes a 21% da economia rural da região Norte, que era de R\$ 26 bilhões, e 26% dos empregos no campo, quase o mesmo que a pecuária, responsável por 25% da economia e 10% da ocupação rural, segundo artigo publicado em 2016 na *Revista de Economia Contemporânea*.

“A economia agropecuária da Amazônia tem se expandido à base da monocultura da soja e da pecuária. Para produzir mais, elas necessitam de áreas desmatadas, o que estimula a ocupação irregular e o crescimento do mercado de terras”, explica Fernandes. Segundo o pesquisador, a produção de açaí e outros frutos, baseada no agroextrativismo e uso coletivo da terra, sempre foi vista como primitiva e associada à pobreza. “Só agora estamos conseguindo mostrar o valor dessa cadeia, que, por meio do manejo adequado, pode aumentar a produtividade sem derrubar a floresta”, afirma.

Coleta de castanha-do-pará (à esq.) e extração de látex de seringueira na floresta (abaixo), e feira do açaí em Belém (ao lado)





Em um levantamento recente, Raoni Rajão e colaboradores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) estimaram que a produção de 1 hectare de açaí manejado gera um rendimento bruto de R\$ 26,8 mil, 10 vezes superior ao do hectare de soja. “O açaí, coletado por comunidades tradicionais em pequenas áreas, pode gerar uma boa renda e mais emprego do que a soja, que é altamente mecanizada”, diz Rajão. O rendimento pode aumentar caso se agregue valor ao produto. “Essa informação talvez ajude valorizar um produto da floresta e reduzir a tentação dos pequenos produtores de vender suas terras.”

O açaí talvez seja o caso mais concreto de geração de renda com preservação da floresta. Não é o único, porém. A Natura, uma das maiores empresas de cosméticos do mundo, usa há 20 anos matéria prima da Amazônia em seus produtos. São óleos e extratos coletados por 5,3 mil famílias que adotam o manejo agroflorestal e contribuem para conservar 257 mil hectares de floresta. A empresa investe ainda no aprimoramento das cadeias produtivas sustentáveis e em pesquisas para identificar os compostos ativos de plantas e ampliar o uso da biodiversidade.

Apesar do exemplo de sucesso, ainda é preciso verificar o potencial econômico de muitos produtos da Amazônia. A comprovação desse potencial, aliás, é um requisito para convencer produtores rurais e outros agentes econômicos, além de gestores públicos, de que pode ser mais rentável extrair de modo sustentável o que a natureza oferece do que fazê-la tombar, abrindo espaço para culturas e criações que exauam a capacidade produtiva. “Uma dificuldade é que não se sabe ainda o tamanho do benefício que pode ser gerado por novos produtos da bioeconomia, como fármacos e cosméticos”, diz Abramovay. “No entanto, se as políticas governamentais privilegiarem só as estratégias que consomem a floresta, jamais saberemos se o outro caminho poderia dar certo.” Para Monteiro, do Ipea, a Amazônia é múltipla e necessita de diferentes estratégias de desenvolvimento. “Essas estratégias”, afirma, “têm de se basear em uma agenda de conhecimento modificadora do padrão de ocupação socioeconômica”. ■

Os artigos científicos mencionados estão listados na versão on-line desta reportagem.

Mina de extração de ferro em Canaã dos Carajás (ao lado), no Pará, e linha de montagem de motocicletas na Zona Franca de Manaus, no Amazonas



1



2

Estados vizinhos, economias diferentes

Tão diversas quanto a floresta que cobre a Amazônia são a economia e a estrutura social dos estados da região. “A Amazônia é uma região imensa, com estados que dispõem de estruturas produtivas muito díspares”, conta o economista Rodrigo Portugal, do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Uma análise rápida de dados sobre os dois maiores estados da região, Amazonas e Pará, revela um pouco dessas diferenças.

Com maior área florestal preservada, o Amazonas, o maior estado brasileiro, tem uma população eminentemente urbana e dependente da atividade industrial. Dos 4,14 milhões de amazonenses, 82% estão nas cidades – a maior parte (2,2 milhões) na capital, Manaus. O PIB do estado foi de R\$ 89 milhões em 2016, o equivalente a 26,4% da economia da região Norte e 16,6% da economia dos estados da Amazônia Legal – o Amazonas é a segunda maior economia da região Norte e a quarta da Amazônia. Estima-se que pouco mais de um terço (35%) de seu PIB tenha sido gerado pelo setor industrial.

Das quase 1,2 mil empresas do Amazonas, 496 estão instaladas no Polo Industrial ou Zona Franca de Manaus, criado em 1967 com o objetivo de se tornar um núcleo de desenvolvimento na Amazônia Ocidental. Essas empresas fabricam produtos eletroeletrônicos, químicos, motocicletas, metalúrgicos, entre outros, e geram 87 mil empregos diretos – ofertam trabalho para uma parte importante da população da capital.

“Existe ali um parque industrial sofisticado e diversificado, que produz localmente parte dos componentes usados em seus produtos e realiza pesquisas. Muitas dessas empresas poderiam estar instaladas em qualquer país do mundo”, afirma o economista Márcio Holland de Brito, da Escola de Economia de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas (EESP-FGV). Há pouco mais de um ano, Holland, por encomenda do setor industrial amazonense, coordenou uma análise dos custos e benefícios gerados pelo Polo Industrial de Manaus. Seu resultado, o documento *Zona Franca de Manaus: Impactos, efeti-*

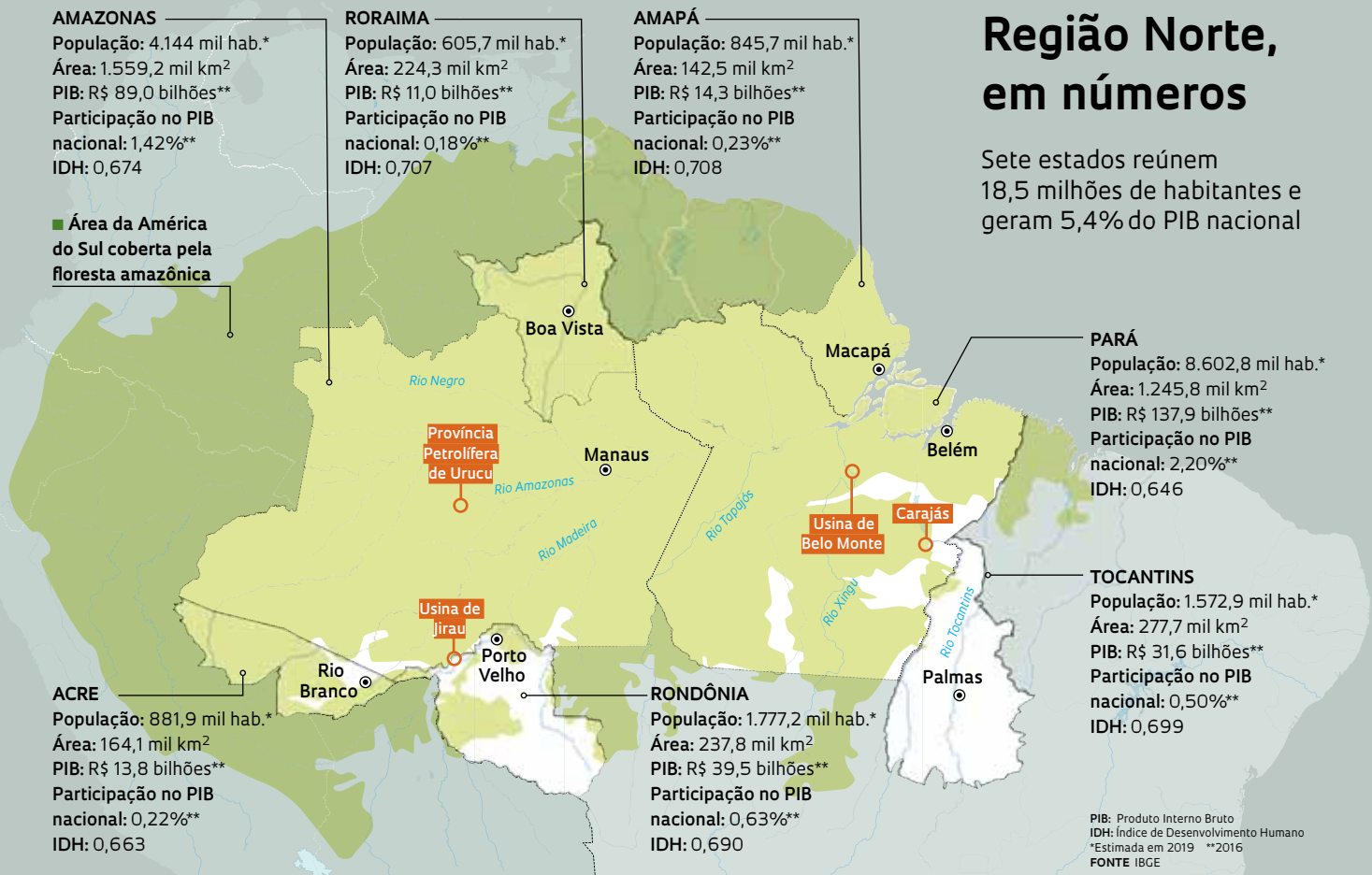
vidade e oportunidades, está disponível na internet (bit.ly/2MEjd9W).

O economista e sua equipe concluíram que a Zona Franca gerou um impacto importante na renda do Amazonas. Desde sua implantação no fim dos anos 1960, a renda *per capita* anual no estado cresceu mais rapidamente do que nas outras regiões industrializadas do país. Em 1970, essa renda em São Paulo equivalia a R\$ 17,4 mil (valores atuais). No Amazonas, era sete vezes menor, cerca de R\$ 2,4 mil. Em 2018, a diferença havia baixado para 1,8 vez: cerca de R\$ 30 mil em São Paulo e R\$ 17 mil no Amazonas. Nesse período, a população de Manaus cresceu 12 vezes e a do Amazonas quase 6, enquanto a população brasileira triplicou.

Esses resultados se devem a uma política contínua e consistente de incentivo ao desenvolvimento regional. As empresas da Zona Franca se beneficiam de um incentivo federal na forma de renúncia fiscal (o governo abre mão de receber parte dos impostos) que vigora há meio século e foi recentemente renovado até

Região Norte, em números

Sete estados reúnem 18,5 milhões de habitantes e geram 5,4% do PIB nacional



2073. Esse incentivo representava cerca de 11% do gasto tributário federal anual há uma década. Em 2017, chegou a 8,5%, o equivalente a R\$ 25,6 bilhões. Os críticos ao programa dizem que é caro, mas, segundo Holland, é difícil calcular o custo. Em 2017, o governo federal arrecadou R\$ 14 bilhões de impostos no Amazonas; o governo estadual outros R\$ 16 bilhões; e o município de Manaus, R\$ 4 bilhões. “Não consigo imaginar Manaus e o Amazonas recolhendo impostos sem a existência do polo industrial”, afirma.

Apesar de consolidada, a Zona Franca corre risco de desmonte. As indústrias da região enfrentam sérios problemas de logística para distribuir seus produtos no mercado nacional e podem perder competitividade a depender de como seja feita a reforma tributária hoje em discussão. Além das consequências socioeconômicas, uma possível desestruturação da Zona Franca poderia influenciar o desmatamento – há indícios de que, por dar emprego a cerca de 12% da população do Amazonas, sua existência contribua para

reduzir o desflorestamento. O desafio, segundo os pesquisadores da FGV, é encontrar uma forma sustentada e sustentável de continuar crescendo, sem desmatar e dependendo menos de recursos da União.

Já o Pará, com população estimada em 8,6 milhões de habitantes, é o estado com o maior PIB da Amazônia (R\$ 138 bilhões, em 2016) e, ao mesmo tempo, com uma das maiores proporções de pobres. A renda média no estado (R\$ 803) é 40% inferior à média nacional e quatro em cada 10 paraenses vivem abaixo da linha da pobreza. O estado é o segundo maior produtor e exportador de minérios no país. Em 2018, foram extraídos 220 milhões de toneladas, que geraram US\$ 16 bilhões de dólares. Esse valor supera o PIB de vários países e é importante para o equilíbrio da balança comercial brasileira. Ele representa quase um terço do PIB paraense, mas, por causa das desonerações fiscais, só uma proporção pequena desse dinheiro fica para o governo estadual. “Sem a contrapartida de tributos de sua principal atividade produtiva, é difícil para o Pará

realizar investimentos em infraestrutura física e social para superar sua condição periférica”, conta a economista Maria Amélia Enríquez, pesquisadora da UFPA.

Como resultado, os maiores beneficiários da mineração são os acionistas das empresas, que repartem lucros e dividendos, e o governo federal, que usa as divisas das exportações para assegurar o superávit necessário ao equilíbrio das contas externas do país.

“Embora abrigue uma das principais províncias minerais brasileiras, o Pará é um dos estados com menor arrecadação”, afirma a economista, que foi secretária de Indústria, Comércio e Mineração (2014) e secretária adjunta de Ciência e Tecnologia (2016-2018) do Pará. Formulado em 2012, o Plano de Mineração do Estado do Pará (2014-2030) [bit.ly/2Pch7Qv] projeta um crescimento contínuo da produção no estado, dobrando as exportações nos próximos 20 anos. Na opinião de Enríquez, a melhoria na capacidade de investimento dependerá de uma alteração na legislação federal. ■

Ricardo Zorzetto

A REDE DA RIQUEZA NATURAL

Químico promove conexões em busca de transformar substâncias vegetais em produtos aplicados

Maria Guimarães



Formado em química, Lauro Barata sorveu de suas raízes paraenses – onde o uso dos produtos vegetais era central na vida cotidiana – para firmar-se na pesquisa das propriedades de substâncias das árvores amazônicas. Foi professor na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) por cerca de 40 anos. Em 2011 voltou ao Pará para contribuir no estabelecimento da Universidade do Oeste do Pará (Ufopa), em Santarém.

A conexão com a indústria perfumista surgiu de uma consultoria para a francesa Chanel, que viu em risco a produção de seu perfume nº 5 por causa da defesa ambientalista do pau-rosa, árvore que fornece óleo central em seu aroma.

Passou a frequentar congressos de perfumistas e trabalhar em parceria com a indústria de cosméticos. Essa trajetória lhe valeu, em 2018, uma medalha concedida pela Federação Internacional da Indústria de Perfumistas e Produtores de Aromas e Óleos Essenciais (Ifeat).

Norteadá pelo conhecimento químico, sua atividade atual se volta para formar conexões entre a população da Amazônia e a indústria, em busca de resultados econômicos para a riqueza da floresta.

O que o levou de volta ao Pará?

Sou um missionário, estou lá porque quero ajudar a mudar as coisas. Participo de programas de pós-graduação graças a uma bolsa de Professor Visitante Sênior

da Capes [Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior].

Você presta consultorias?

Sim, muitas vezes gratuitamente. Algumas semanas atrás, uma empresa da Amazônia que extrai priprioca para a Natura e outras empresas me procurou porque não sabia o que fazer com um resíduo que produzem. Sugeriu que fizessem sabonetes ou outros produtos, mas só queriam descartar as toneladas de resíduos líquidos, águas aromáticas (hidrolatos) que não podem ser jogadas diretamente no rio. Sugeriu técnicas para limpar essa água. Poderia ter cobrado, mas prefiro estabelecer uma boa relação com eles. Pedi 40 litros do resíduo, que estou estudando para desenvolvimen-



Segundo Barata, uma relação mais intensa entre a esfera acadêmica e a empresarial poderia impulsionar a economia na região

to de produtos. Também ajudo a fazer as conexões, porque conheço muita gente da área empresarial. Repasso informações de como plantar, cultivar e desenvolver um bom negócio com as plantas da Amazônia.

Como surgiu o trabalho com o pau-rosa?

Foi uma consultoria que dei em 2000 para a Chanel, que usava o óleo de pau-rosa para seus perfumes. Eles estavam sendo acusados de destruir a floresta amazônica por uma federação de ONGs [Organizações Não Governamentais] francesas, que prometiam fazer um boicote no Natal. Fui à Amazônia com um representante da Chanel e entrevistei gente das universidades, do Ibama, do governo e produtores de óleo do pau-rosa. Trabalhei por um mês

nisso e fiz relatórios, em parceria com um economista e o [ecólogo] Tasso Azevedo, que era do Imaflora – uma ONG de Piraicaba. Previmos cinco cenários de futuro. Um deles era cultivar o pau-rosa para extrair o óleo das folhas, com base em um trabalho do Otto Gottlieb [químico tcheco nacionalizado brasileiro, 1920-2011] dos anos 1950, em que descreveu a composição química do óleo. Quando olhei a composição e comparei com a da madeira, vi que eram praticamente iguais. A Chanel conseguiu evitar o boicote. Ficou no ar a ideia de cultivar e com isso me inscrevi para o prêmio Samuel Benchimol, anual, e ganhei do Banco da Amazônia US\$ 100 mil para a pesquisa. Um estudante, Eduardo Mattoso, coletou folhas e extraiu óleo das plantas em 50 pontos na região de Belém, Santarém e Manaus. Confirmamos o que se tinha visto meio século antes e vimos que cinco anos eram suficientes para plantar, podar e tirar óleo das folhas do pau-rosa. Com um ajuste por destilação, dava óleo equivalente: é isso que a indústria faz hoje, inclusive a Chanel.

Depois disso o pau-rosa se tornou uma espécie protegida?

Sim. O Ibama [Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis] me chamou em 2010 para inscrever o pau-rosa na proteção e sugeri que o exportador Ilko Minev, de Manaus, participasse da comissão. Só cientistas e governo discutindo o que fazer com um assunto econômico seria inadequado. Em 2011 o pau-rosa entrou no anexo II da Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e da Flora Silvestres Ameaçadas de Extinção, Cites, que permite continuar extraindo óleo de plantas cultivadas. No anexo I, seria impossível extrair. Com a técnica simples, ajudei a salvar o pau-rosa da extinção.

Esse tipo de atividade gera muitos empregos para a população local?

Atualmente sim. A Natura, que é hoje uma empresa de US\$ 10 bilhões, está instalada a cerca de 50 quilômetros de Belém. Produz 200 milhões de sabonetes por ano, feitos apenas com produtos naturais botânicos. A mão de obra na indústria não é tão extensa, mas eles compram a matéria-prima de produtores locais e assim geram emprego nas comunidades. Dentro da Natura existe um grupo de advogados, antropólogos e biólogos que são

dedicados a esse relacionamento. Em seu catálogo tem andiroba, copaíba, ucuuba, murumuru, cupuaçu, breu, priprioca... duas dúzias de produtos naturais. Para cada um deles há milhares de pessoas coletando um produto que quase não tinha valor. Isso valoriza a floresta em pé e a pesquisa científica feita com esses produtos. O aroma da priprioca saiu de um projeto do meu laboratório, na Unicamp, em 1996. Acabou virando um produto.

Existem outras empresas nessa área?

Algumas persistem, como a Beraca e a Amazonoil. Tenho agora conexão com um município que se chama Prainha, quase nas Guianas, de gente muito pobre. Me procuraram, acompanhados de um advogado. Sugeri que façam uma cooperativa. Faço essa consultoria gratuitamente, quero que se organizem. Quando eles têm o produto, eu ponho em contato com empresas. Nesse rastro da Natura milhares e milhares de pessoas ganham algo com esse tipo de atividade, mesmo que não seja sua única renda.

O que falta para que existam mais empreendimentos?

Acho que falta um plano regional ou local do governo. Também faltam programas de financiamento como o Pipe e o Pite, da FAPESP, que estimulam as pessoas a pensarem em empreender.

O que vê como o futuro dessa valorização dos produtos da Amazônia?

Há um movimento de usar os produtos não só para cosméticos, mas também para alimentos, produtos farmacêuticos, plásticos, polímeros. É o que o Carlos Nobre [climatologista aposentado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais] propõe: a Amazônia 4.0. Dei uma consultoria a ele sobre cadeias produtivas da Amazônia como castanha, açaí, cupuaçu, andiroba. Ele quer saber como as mudanças climáticas afetam a cadeia produtiva e a produção desses materiais nas regiões afetadas. O caminho é investir em tecnologia. Sem isso, extraímos borracha sem fabricar pneus de carro. Esses produtos de que falamos são *commodities*. Se queremos tirar a Amazônia da pobreza, é fundamental que a academia seja aliada das empresas. ■

O site da revista *Pesquisa FAPESP* traz uma versão ampliada desta entrevista.



Extração de óleo de
copaíba na região
de Riozinho do Anfrísio,
no município de
Altamira, no Pará

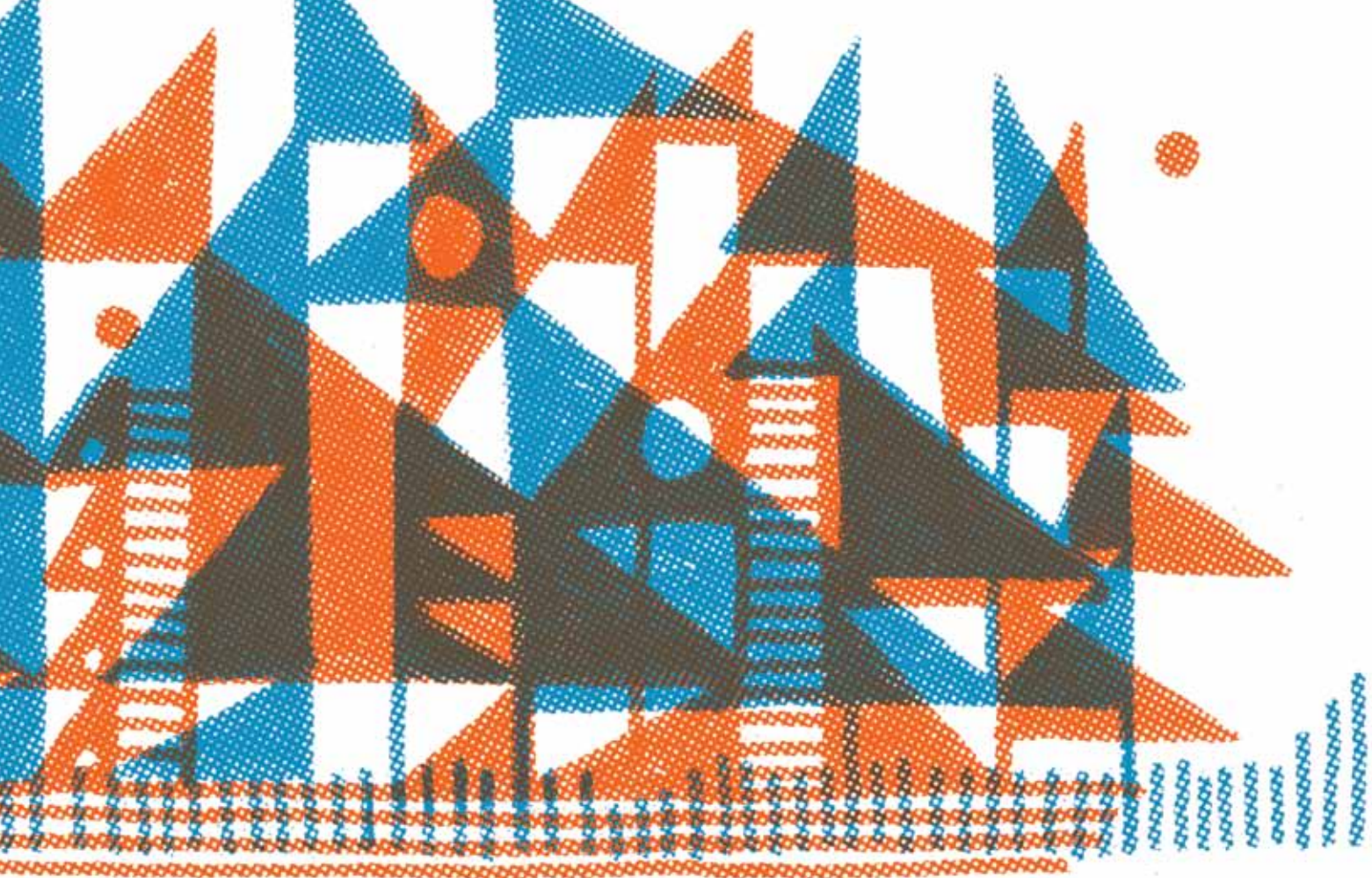


BENEFÍCIOS DA

Estudo mostra que colaborações duradouras com empresas elevaram em 20% a produtividade científica de grupos de pesquisa

Fabício Marques

Grupos de pesquisadores de universidades que participam de projetos de inovação em cooperação com empresas apresentam produtividade científica 12,7% maior que a de equipes que não fazem esse tipo de parceria – e quando as colaborações são duradouras o número de artigos publicados pelos grupos chega a ser 20,1% superior. A conclusão é de um estudo coordenado pelo economista Renato Garcia, professor da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), e publicado em junho na revista *Innovation: Organization & Management*. O trabalho baseou-se em dados de produção científica registrados entre 2002 e 2008 por quatro censos do Diretório de Grupos de Pesquisa, um inventário de equipes de pesquisadores em atividade no país e seu desempenho organizado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O artigo analisou a performance de 7.572 grupos, dos quais 857 colaboraram com empresas pelo menos uma vez no período analisado e 324 cooperaram o tempo todo.



COOPERAÇÃO

Segundo Garcia, embora os dados indiquem uma correlação significativa entre a disposição em cooperar com empresas e o aumento da produtividade científica, eles não permitem afirmar a existência de uma relação de causa e efeito entre colaborar e produzir mais. “Em geral, esses grupos de pesquisa são de alta qualidade e bastante produtivos e isso atrai a atenção de empresas que buscam parceiros para solucionar seus problemas”, afirma. Não é incomum, inclusive, que essa aproximação seja promovida por ex-alunos de cientistas acadêmicos que foram trabalhar nos departamentos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) das companhias. “Ao mesmo tempo, há evidências de que o conhecimento gerado em projetos cooperativos com empresas enriqueça a agenda dos pesquisadores e produza mais publicações científicas”, explica.

O estudo é parte de uma linhagem de trabalhos realizados por pesquisadores de vários países que buscam mapear os efeitos positivos e negativos da interação entre universidades e empresas, um vínculo que se dissemina no mundo inteiro ante as

evidências de que o processo de inovação se tornou cada vez mais complexo e precisa da participação ativa das instituições que geram conhecimento para produzir resultados com impacto econômico.

De acordo com o economista Eduardo Albuquerque, do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais (Cedeplar-UFGM) e estudioso da formação de redes de inovação, o artigo corrobora resultados obtidos em vários países, que apontam convergências de interesse entre universidades e empresas na geração de conhecimento. Para ele, o estudo inova ao apontar que a produtividade científica é afetada de modo mais acentuado em colaborações de fôlego. “Esse trabalho demonstra que a cooperação estável e sistemática é mais benéfica para os grupos, em termos de produtividade, que a colaboração episódica”, diz Albuquerque, que não participou do estudo. “Os resultados ressaltam que a interação entre universidades e empresas no Brasil é mais comum do que se imagina e vem se tornando mais intensa.”

O interesse em colaborações de longo prazo se explica: enquanto parcerias de curta duração costumam resultar apenas no aprimoramento de produtos, a cooperação duradoura permite aos pesquisadores conhecer a realidade das empresas com mais profundidade. Ainda assim, cientistas dedicados a colaborações múltiplas e contínuas com corporações por vezes são alvo de alguma desconfiança, como se relegassem a um segundo plano a missão de formar estudantes e fazer ciência básica. “Há um debate, que está sendo feito agora no Brasil mas já havia sido travado em outros países, sobre em que medida a excessiva dedicação de pesquisadores a colaborações com empresas pode gerar obstáculos às atividades acadêmicas e à produção científica”, explica Renato Garcia.

A literatura científica sobre o assunto sugere que colaborações com empresas, em casos específicos, podem ser desfavoráveis para o desempenho acadêmico. Um grupo liderado pelo economista Albert Bañal-Estañol, da Universidade Pompeu Fabra, em Barcelona, publicou em 2013 um artigo na *Research Policy* mostrando que, nos departamentos de engenharia de 40 universidades do Reino Unido, pesquisadores sem interação com empresas publicam menos do que aqueles com um pequeno grau de colaboração, mas níveis muito altos de interação afetam negativamente a produtividade científica. Outro trabalho, publicado em 2008 na *Scientometrics* pela engenheira colombiana Liney Manjarrés-Henríquez, da Universidade de La Costa, em Barranquilla, concluiu que pesquisadores que cooperavam com empresas atraem mais recursos públicos, mas sua produtividade científica só crescia quando a colaboração envolvia contratos de P&D e os recursos de empresas não ultrapassavam 15% do orçamento total do grupo.

Os dados disponíveis no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq não permitem avaliar esse tipo de detalhe, mas indicam que o benefício obtido não é ilimitado. A análise mostra que as taxas de crescimento da produtividade científica aumentam bastante em um primeiro momento, mas perdem ímpeto com o tempo. Isso foi observado

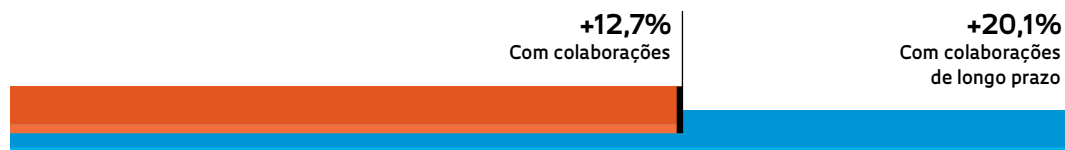
mesmo em grupos com alto grau de colaboração no período analisado. “Talvez os projetos de cooperação fiquem muito complexos com o tempo e, por isso, tanto o aprendizado dos pesquisadores como a capacidade de gerar conhecimentos relevantes para as empresas tornem-se menos expressivos do que no início”, sugere Garcia.

A geneticista Mayana Zatz, pesquisadora da Universidade de São Paulo (USP) e coordenadora do Centro de Pesquisas do Genoma Humano e Células-Tronco, um dos 17 Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) financiados pela FAPESP, engajou-se recentemente em um projeto em cooperação com a farmacêutica EMS, no âmbito do programa Parceria para Inovação Tecnológica (Pite) da Fundação. Zatz tentará utilizar técnicas de edição genômica para gerar embriões de porcos modificados, capazes de fornecer órgãos para transplantes em humanos. Se der certo, a intenção é criar fazendas de criação de porcos com essa finalidade terapêutica. “Em um momento de escassez de recursos públicos, a cooperação com empresas ganha importância para viabilizar o financiamento da ciência”, explica. “É a primeira parceria público-privada do nosso grupo e estamos prospectando outras.”

A pesquisa em petróleo e gás é uma das que mais promovem colaborações entre universidades e empresas, impulsionadas pela exigência legal de que as companhias, notadamente a Petrobras, invistam em P&D. “As pesquisas exigem equipamentos caros, como supercomputadores e tanques numéricos, mas há recursos e isso gera oportunidades não apenas em exploração e produção, mas também em refino, meio ambiente e materiais”, afirma o engenheiro Denis Schiozer, diretor do Centro de Estudo de Petróleo (Cepectro), da Unicamp. O centro reúne 60 pesquisadores em projetos cujos contratos totalizaram R\$ 100 milhões em 2019 – 40% a mais do que em 2018 e cinco vezes maior do que há cinco anos. “Conseguimos ampliar o volume de projetos divulgando oportunidades para docentes de toda a universidade.” Ele explica que a exploração de petróleo no pré-sal criou desafios e problemas originais, que vêm gerando muitas publicações.

Mais artigos científicos

Efeitos de colaborações com empresas na produtividade acadêmica de grupos de pesquisa



FONTE: ANÁLISE DOS AUTORES A PARTIR DE DADOS DO DIRETÓRIO DE GRUPOS DE PESQUISA DO CNPQ

Problemas reais das empresas desafiam pesquisadores a gerar conhecimento novo

A produtividade elevada de pesquisadores que cooperam com empresas tem origens diversas, observa o físico Vanderlei Bagnato. “Quando um cientista se envolve com os problemas reais de empresas, lida com desafios diferentes e isso rende publicações com conteúdo novo”, diz Bagnato, professor do Instituto de Física de São Carlos (IFSC) da USP e coordenador do Centro de Pesquisas em Óptica e Fotônica, também um Cepid da FAPESP. A dinâmica do trabalho em cooperação também favorece o aumento da produção científica. “Sempre que eu celebro uma parceria com uma empresa, aplico parte dos recursos na formação de uma equipe de pelo menos dois ou três pesquisadores. Atualmente, tenho 22 projetos em cooperação e um batalhão de gente atuando neles. Evidentemente, isso vai ter impacto positivo no número de publicações de meu grupo de pesquisa.” Boa parte dos projetos a que Bagnato se refere está vinculada à unidade criada no IFSC-USP da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii). O modelo de financiamento inclui recursos do governo federal e das empresas contratantes, enquanto a universidade contribui com laboratórios e o tempo de seus pesquisadores.

Bagnato ressalta os benefícios de colaborar com empresas, mas diz que muitos grupos, mesmo de alta qualidade, não estão preparados para atuar nas duas frentes. “A lógica é completamente diferente da pesquisa feita na universidade, onde um eventual fracasso pode até ser útil, render um aprendizado e ser descrito em um artigo científico”, afirma o físico. “A empresa espera um resultado concreto em um horizonte de tempo frequentemente curto. É preciso assumir esse compromisso para não frustrar o parceiro”, diz o físico, que sempre faz uma análise de risco dos projetos colaborativos antes de se juntar a eles. “Se o risco de fracasso for maior do que 30%, eu prefiro ficar fora.”

De acordo com Ulisses Mello, diretor do Laboratório de Pesquisas da IBM Brasil, a cooperação com universidades é fundamental para trazer diversidade ao ambiente de pesquisa das empresas. “Os produtos das empresas e das universidades são diferentes. Enquanto universidades de pesquisa existem para formar bons alunos e gerar conhecimento novo, empresas buscam criar produtos inovadores que lhes deem um futuro econômico. Quando os dois polos interagem, um desafia o outro – a universidade traz seu rigor científico e as

empresas a busca de inovações que sejam escaláveis e comercialmente viáveis. Isso gera resultados melhores em ambos os lados.” No caso da IBM Brasil, Mello ressalta que parte significativa da cooperação se dá com as instituições em que seus pesquisadores se formaram, como USP, Unicamp, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). “A interação é fluente porque existem conexões já consolidadas.” Outra frente são instituições com afinidade com a agenda científica da empresa. “Temos interesse em nanotecnologia e cooperamos com a Universidade Federal de Minas Gerais, que tem competência no assunto.” Mello pondera que diferentes fatores influenciam a capacidade de cooperar. “Depende das características da empresa e do grupo de pesquisa. Temos uma cultura de publicar e de proteger propriedade intelectual e nos entendemos com universidades com essa mesma cultura. Mas, se a empresa só quiser criar um novo produto, a cooperação pode não ser tão produtiva.”

Ana Lúcia Torkomian, pesquisadora do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), ressalta que a cooperação é fundamental para promover transferência de conhecimento para a sociedade, mas observa que ela responde por uma parte limitada do esforço para fomentar a inovação. “O que se busca na maioria dos países é incentivar o modelo da tripla hélice, em que universidades, empresas e governo atuam de forma coordenada para promover e financiar a inovação e gerar desenvolvimento”, diz. Esse regime não se limita a promover parcerias entre pesquisadores e empresas. “Engloba outras frentes. Um exemplo é a criação de incubadoras de startups e parques tecnológicos nas universidades ou em ecossistemas que facilitem o empreendedorismo inovador. Gerar empresas spin offs a partir de tecnologias produzidas por pesquisadores também é importante.”

Torkomian enfatiza a relevância do trabalho dos escritórios de transferência de tecnologia nas universidades, conhecidos no Brasil como Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT), que procuram encorajar os pesquisadores a interagir com empresas e promover o licenciamento de tecnologias. “No Brasil, já há mais de uma centena de NITs, com graus de maturidade distintos, e eles vêm cumprindo um papel na gestão da propriedade intelectual e na interação com o setor produtivo.” ■

Artigos científicos

GARCIA, R. *et al.* How long-term university-industry collaboration shapes the academic productivity of research groups, *Innovation Organization & Management*. On-line. 27 jun. 2019.

MANJARRÉS-HENRÍQUEZ, L. *et al.* Coexistence of university-industry relations and academic research: Barrier to or incentive for scientific productivity. *Scientometrics*. v. 76, n. 3, p. 561-76. jul. 2008.

BANAL-ESTANOL, A. *et al.* The double-edged sword of industry collaboration: Evidence from engineering academics in the UK. *Research Policy*. v. 44, n. 6, p. 1160-75. jul. 2015.

Para acelerar a comunicação da ciência

Bioquímico propõe que pesquisadores sejam obrigados a publicar versão preliminar de artigos em repositórios públicos

Rodrigo de Oliveira Andrade



Para Sever, publicação de resultados de pesquisa em servidores de *preprints* deve ser requisito obrigatório para a concessão de recursos pelas agências de fomento

Em meio a discussões para a implementação do Plano S, uma iniciativa de países europeus para tornar obrigatória até 2021 a publicação em acesso aberto de artigos financiados com recursos públicos, o bioquímico britânico Richard Sever propõe uma estratégia mais simples para tornar o conhecimento científico acessível rapidamente: todos os resultados de pesquisa deveriam ser disponibilizados imediatamente em servidores de *preprints*, repositórios abertos que reúnem versões preliminares de artigos ainda não avaliados pelos revisores de periódicos científicos. No modelo idealizado por Sever, esse requisito deveria ser obrigatório para a concessão de recursos pelas agências de fomento à pesquisa.

Sever é um dos fundadores do bioRxiv, repositório de *preprints* na área das ciências biológicas operado pelo Laboratório Cold Spring Harbor, nos Estados Unidos, onde é diretor assistente. Ele apresentou

sua proposta, batizada de Plano U (“u” de universal), em artigo publicado em junho na *PLOS Biology*, ao lado de John Inglis, cofundador do bioRxiv, e Michael Eisen, um dos criadores da Public Library of Science (PLOS), que publica uma coleção de revistas de acesso aberto. Na entrevista a seguir, Sever fala como esse sistema poderia acelerar o avanço do desenvolvimento científico.

Quais seriam os principais benefícios da adoção do Plano U?

As publicações *preprints* ajudam a acelerar a comunicação e o ritmo de desenvolvimento das pesquisas, permitindo que outros cientistas tenham acesso aos resultados de trabalhos acadêmicos imediatamente após sua publicação em repositórios de acesso aberto. A partir daí, podem trabalhar no desenho de novos estudos ou no aprimoramento de investigações em andamento. Os *preprints* também ajudam a ampliar a troca de informações entre os

autores das pesquisas e seus pares espalhados pelo mundo de uma forma muito mais rápida. No entanto, os benefícios dessa nova dinâmica de comunicação só poderão ser percebidos de modo amplo quando todos os artigos científicos forem publicados em repositórios de *preprints*. Para que isso aconteça, é fundamental que as agências de fomento à pesquisa estabeleçam como pré-requisito para a concessão de auxílios que os resultados dos estudos apoiados sejam publicados primeiro em servidores de *preprints*, antes de serem submetidos ao processo de validação das revistas científicas.

Por que isso seria importante?

Porque só as agências têm o poder de impor essa exigência aos pesquisadores, uma vez que controlam os recursos. Se fizessem isso, a implementação de um sistema de acesso rápido e gratuito à produção científica mundial se daria de modo mais rápido, simples e barato.

Essa exigência já foi adotada por alguma agência?

Temos observado alguma movimentação nesse sentido nos últimos anos. A Iniciativa Chan Zuckerberg, criada em 2015 por Mark Zuckerberg [fundador do Facebook] e Priscila Chan, sua mulher, exige que pesquisadores patrocinados publiquem seus resultados de pesquisa em repositórios *preprints*. A Wellcome Trust [fundação do Reino Unido de fomento à pesquisa biomédica] também adotou essa política para estudos cujos resultados podem ser de interesse público imediato.

Como funcionaria o sistema de revisão por pares caso o Plano U seja adotado?

A ideia é que os estudos continuem a passar pelo processo de revisão por pares, só que depois de divulgados nos repositórios de *preprints*. O processo atual de publicação de artigos científicos é demorado. Em geral, os pesquisadores submetem seu manuscrito a uma revista, que avalia se o enviará ou não para a revisão dos pares. Caso aceite, os revisores com frequência pedem que os autores façam mais experimentos para sustentar suas conclusões. Feito isso, o artigo é submetido novamente, tendo de passar pelas mesmas etapas antes de ser publicado. Em média, esse processo costuma durar

oito meses. É muito tempo desperdiçado, e que poderia ter sido usado por outros cientistas para acessar os resultados desse trabalho e avançar em suas pesquisas. Ao separar a publicação dos *preprints* desse processo lento de avaliação pelos periódicos, poderíamos acelerar a disseminação dos resultados científicos.

A revisão por pares continuaria a ser feita do mesmo modo, certo?

Sim, a diferença é que os resultados que embasam os artigos já estariam públicos e disponíveis nos repositórios *preprints* para os leitores interessados.

Essa prática já é comum em algumas áreas, como na física. Qual o balanço desse tipo de experiência?

Sim, graças ao arXiv, em operação há quase 30 anos (*ver quadro*). Essa iniciativa é um sucesso e inspirou o surgimento de outros servidores. Várias áreas hoje contam com repositórios desse tipo, como as ciências biológicas, com o bioRxiv, as ciências químicas, com o chemRxiv, e as ciências da Terra, com o EarthArxiv.

Quais seriam as implicações do Plano U para o modelo de negócios das publicações científicas?

É difícil dizer qual seria o impacto eco-

nômico associado à adoção do Plano U. Mas o ônus associado à adoção desse sistema certamente recairia sobre as revistas científicas de acesso restrito. Elas seriam forçadas a ser bem mais transparentes em relação ao processo de avaliação dos artigos que recebem, tendo de agregar bastante valor a esse processo para justificar os preços cobrados para a publicação desses trabalhos.

Muitos argumentam que os artigos publicados nesses repositórios são de qualidade inferior porque não passaram pela revisão por pares. Como você vê isso?

Não acho que a crítica envolva a ideia de que os manuscritos disponibilizados nos repositórios de *preprints* sejam de qualidade inferior, mas o fato de não terem sido revisados. Como disse, o processo de revisão por pares seguirá sendo feito pelas revistas científicas.

Alguns pesquisadores argumentam que a publicação em repositórios nem sempre dá retorno na forma de críticas e comentários. Como o Plano U pretende engajar os pesquisadores a comentarem mais os manuscritos de preprints?

Sim, o nível de *feedbacks* dos manuscritos compartilhados no bioRxiv ainda é relativamente baixo, mas sabemos que muitos usuários recebem críticas e comentários por e-mail e outros canais, como o Twitter. As ciências biomédicas foram mais lentas na adoção dos *preprints*, mas o bioRxiv está passando por um crescimento exponencial e cada vez mais leitores estão acessando-o. Creio que a quantidade de *feedback* por parte do público aumentará à medida que mais pesquisadores se somem a esse movimento e se acostumem com essa dinâmica. E é aí que entra o Plano U.

A implementação do Plano S poderia acelerar a adoção do Plano U?

O Plano S está mais preocupado em mudar o modelo tradicional de publicação e, apesar de encorajar o uso de *preprints*, não vejo sua implementação como um estímulo para a adoção do Plano U, ainda que os dois sejam compatíveis e complementares de certa maneira.

Como estão se articulando para colocar o Plano U em prática?

Por ora, estamos trabalhando na divulgação da ideia e em fazer com que mais pessoas pensem nessa possibilidade. ■

Sucesso do arXiv abriu caminho para repositórios em outras áreas

Criado em agosto de 1991 pelo físico norte-americano Paul Ginsparg, da Universidade Cornell, nos Estados Unidos, o arXiv é o mais tradicional repositório de *preprints* no mundo. Oferece acesso gratuito a quase 1,5 milhão de artigos, com 140 mil adições de manuscritos a cada ano e mais de 1,2 milhão de acessos por dia. Criado como um repositório eletrônico centrado em artigos científicos no campo da física, o arXiv foi expandido e hoje abriga manuscritos de áreas como astronomia, ciências da computação, matemática e estatística. O repositório é mantido por doações de bibliotecas e instituições filantrópicas e conta com o trabalho voluntário de aproximadamente 150 moderadores. Eles não fazem a tradicional revisão por pares, mas reveem os trabalhos submetidos, rejeitando-os caso não se enquadrem nos padrões de um artigo científico. Parte dos manuscritos disponíveis no arXiv é publicada depois em revistas científicas. Alguns, porém, permanecem apenas como *preprints*. Um exemplo é o manuscrito do matemático russo Grigori Parelman, de 2002. Tratava-se de um esboço da demonstração da conjectura da Geometrização de Thurston, um dos principais problemas da matemática à época. O trabalho jamais foi publicado em uma revista científica. Ainda assim, rendeu a Parelman a medalha Fields em 2006. No Brasil, a biblioteca virtual SciELO, criada em 1997 com apoio da FAPESP, anunciou em 2018 uma parceria com a Public Knowledge Project (PKP) para a criação de um servidor de *preprints* para 2020.



CRISE DOS 50

O FNDCT, principal fundo federal de financiamento à pesquisa, passa por momento de retração e incerteza



É incerto o futuro do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), a principal ferramenta de financiamento à pesquisa e à inovação do governo federal, que completou 50 anos no final de julho. Desde 2015, sucessivos bloqueios orçamentários decretados pelo governo fizeram com que o dinheiro disponível no fundo a cada ano seja menor que no anterior, comprometendo o custeio de bolsas e projetos de pesquisa em universidades e empresas. A proposta de lei orçamentária que tramita no Congresso prevê que o FNDCT arrecadará mais de R\$ 6,4 bilhões em 2020, mas apenas R\$ 600 milhões estarão livres para investimentos – outro R\$ 1,6 bilhão deve abastecer linhas de crédito a empresas da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), enquanto mais de R\$ 4 bilhões ficarão contingenciados. Em 2019, R\$ 421 milhões já foram gastos de um orça-

mento aprovado de R\$ 851 milhões – isso equivale a 45% dos pagamentos feitos em 2015, que alcançaram R\$ 2,39 bilhões.

A gestão do FNDCT também pode mudar em 2020. Uma proposta apresentada pelo Ministério da Economia em setembro, mas ainda não oficializada, propõe transferir a administração do fundo da Finep para o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), repassando ao banco o dinheiro bloqueado nos últimos anos. A proposta também sugere a substituição do FNDCT, que recebe receitas de diferentes setores da economia, por um fundo abastecido por aportes da União. A ideia de deslocar o gerenciamento para o BNDES já foi aventada anteriormente e seu efeito natural seria o esvaziamento da Finep – a agência utiliza os recursos do fundo para oferecer crédito e investimentos não reembolsáveis a empresas e bancar a infraestrutura de pesquisa de instituições científicas. O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inova-

ções e Comunicações (MCTIC), a quem a Finep é subordinada, perderia capacidade de articulação se for privado do controle desses recursos.

Caso vingue, a mudança poderá representar o fim de um instrumento que sobreviveu a várias reorganizações do sistema de financiamento de ciência e tecnologia. Concebido no auge do período militar (1964-1985), o FNDCT foi criado por um decreto-lei, assinado em 31 de julho de 1969 pelo então presidente da República, o general Arthur da Costa e Silva, e já no início dos anos 1970 se tornou o braço financeiro de uma política de Estado que associava o crescimento do país a sua capacidade de formar pesquisadores e montar uma infraestrutura científica e tecnológica competitiva. Como parte da mesma estratégia, foram criadas na época instituições como a Finep e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), e reformulados o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tec-



O FNDCT financiou os estudos de engenharia da usina de Itaipu, a construção da fonte de luz síncrotron Sirius, a produção da vacina contra a febre amarela do Instituto Farmanguinhos, a reforma do navio Almirante Maximiano e a ampliação do Laboratório de Integração e Testes do Inpe



nologia (Inmetro) e o Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI).

A lista de projetos de pesquisa que o FNDCT patrocinou é extensa (*ver imagens acima*). O fundo foi crucial para montar laboratórios em universidades e criar as bases do sistema de pós-graduação do Brasil. O número de operações do FNDCT subiu de 26 em 1972 para 201 em 1978, com valores médios de US\$ 2 milhões por projeto. Com o aporte desses recursos, o número de cursos de pós-graduação cresceu de 125 em 1969 para 974, 10 anos mais tarde. “O foco nessa primeira fase foi a infraestrutura de pesquisa, com o financiamento à montagem de laboratórios em instituições como a Universidade de São Paulo e as principais universidades federais”, afirma Luiz Martins de Melo, analista da Finep e professor do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Outra vocação da Finep, em seus primeiros anos, foi via-

bilizar estudos sobre grandes projetos de infraestrutura do país. Os projetos de engenharia da hidrelétrica de Itaipu e da ponte Rio-Niterói foram custeados pelo fundo. Em um segundo momento, empresas interessadas em fazer pesquisa e desenvolvimento (P&D) ganharam uma linha de crédito financiada pelo FNDCT: a partir de 1976, 30% de seus recursos abasteceram o programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Empresa Nacional (ADTEN). O apoio à inovação, que se tornaria a principal vocação da Finep, já era uma preocupação do governo quando o FNDCT foi criado. “Em meados da década de 1960, foi constatada a necessidade de estruturar os mecanismos para o financiamento à inovação e o BNDES assumiu essa missão. Depois, percebeu-se que as lógicas de financiamento de ativos intangíveis eram peculiares e se criou a Finep”, diz Martins.

A ambição de obter um crescimento vigoroso e sustentável estava expressa

no 2º Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT), lançado em 1976, que previa investimentos de cerca de US\$ 2,5 bilhões em pesquisa em áreas como energia, agropecuária e desenvolvimento regional, nos anos seguintes. “Foi a política de ciência e tecnologia mais impressionante que o Brasil teve”, afirma Carlos Américo Pacheco, professor do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e diretor-presidente do Conselho Técnico-Administrativo da FAPESP. Na apresentação do 2º PBDCT, o economista João Paulo dos Reis Velloso, ministro do Planejamento, resumiu seus propósitos: “Se vamos aplicar tantos bilhões num plano como este, devemos assegurar relevância à ciência e tecnologia que se vai fazer na vida do país. Relevância em vários campos. Inicialmente, em termos de soluções tecnológicas para o atual estágio de desenvolvimento industrial e para a situação da crise de energia e os problemas de balanço

de pagamentos”, escreveu, ressaltando que o desafio requeria uma abordagem abrangente. “Evitou-se, desde logo, a colocação de falsos dilemas. Pesquisa fundamental, pesquisa aplicada e inovação tecnológica têm de andar de braços dados. Senão, estaremos faltando ao bom senso e desperdiçando recursos públicos.”

Os efeitos da crise do petróleo e o aumento da inflação fulminaram as expectativas de crescimento, mas atribui-se ao investimento em pesquisa científica e em capacidade industrial a resiliência das empresas no período de retração que veio no final da década de 1970. Nessa fase, porém, o FNDCT perdeu fôlego. Entre 1979 e 1984, os recursos repassados pela União caíram para apenas 30% do período anterior, enquanto o número de operações triplicou de 201 para 663 e o dinheiro se pulverizou: o valor médio das operações caiu para apenas 10% do que era antes. A criação do Ministério da Ciência e Tecnologia deu novo fôlego ao FNDCT em 1985. De um patamar na casa dos US\$ 60 milhões naquele ano, o governo federal, agora civil, garantiu montantes anuais de US\$ 90 milhões até 1988. Nesse período, foi instituído um programa emergencial para reequipar laboratórios. A partir de 1989, no entanto, a crise econômica associada à hiperinflação derrubou os repasses da União, que chegaram a US\$ 30 milhões em 1991.

O FNDCT ganhou uma segunda vida no final dos anos 1990 com a criação de Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia, que se tornaram a sua principal fonte dos recursos. Dos 16 fundos setoriais, 14 estão vinculados a segmentos da economia como petróleo, energia, saúde, biotecnologia,

enquanto dois são de caráter transversal, voltados para projetos que promovem interação entre universidades e empresas e para a melhoria da infraestrutura de instituições científicas. Cada fundo é abastecido por receitas específicas. O de energia, por exemplo, recebe entre 0,3% e 0,4% sobre o faturamento de concessionárias do setor elétrico. O de petróleo e gás, que recebia um percentual dos *royalties* da produção, perdeu essa fonte de recursos em 2013 quando o Congresso regulamentou a exploração do pré-sal.

O objetivo dos fundos setoriais era complementar os repasses da União para o FNDCT e usar a maior parte dos recursos arrecadados para financiar pesquisa de interesse de cada setor – para tanto, cada fundo teria um comitê gestor encarregado de selecionar os projetos. Na prática, esse dinheiro substituiu os repasses da União e o caráter setorial do investimento em pesquisa se descaracterizou. O FNDCT passou a contemplar apoio a eventos, projetos sem vínculo com as agendas setoriais e outros tópicos da política industrial do governo. Um relatório produzido em 2016 pela Comissão de Ciência e Tecnologia do Senado apontou desacertos na condução dos fundos setoriais, notadamente a “captura do FNDCT” pelo MCTIC, que passou a contar com os recursos para seus programas e exercer controle sobre o comitê de coordenação. “Os fundos setoriais foram perdendo eficácia com o avanço das ações de caráter transversal”, diz Pacheco, que foi um dos idealizadores dos fundos como secretário-executivo

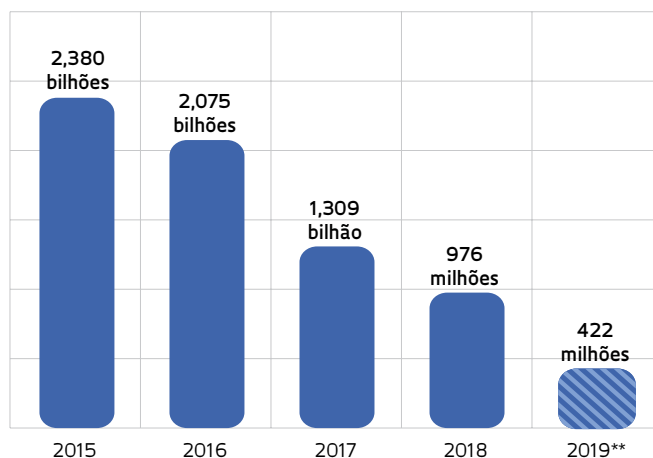
do Ministério da Ciência e Tecnologia e presidente do Conselho de Administração da Finep entre 1999 e 2002. Um exemplo de desvirtuamento ocorreu entre 2013 e 2015, quando mais de R\$ 2 bilhões de recursos do FNDCT custearam um programa de intercâmbio internacional para alunos de graduação, o Ciência sem Fronteiras.

A necessidade de buscar novas receitas e de reestruturar os fundos setoriais vinha sendo discutida. Há dois anos, o então presidente da Finep, Marcos Cintra, propôs que o FNDCT deixasse de ter caráter contábil para se converter em um fundo financeiro – dessa forma, os recursos contingenciados, mesmo bloqueados, poderiam gerar rendimentos e elevar os investimentos. Mas a ideia não foi adiante. Na avaliação de João de Negri, economista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) que participou de uma avaliação da eficácia do FNDCT no início da década, o fundo tem sido uma ferramenta importante e deve continuar na esfera de influência do MCTIC, mas precisa ser reformulado, evitando a pulverização de recursos e retomando certas ambições dos tempos de sua criação. “O fundamental, hoje, é fazer com que a ciência brasileira ganhe escala e disponha de grandes laboratórios capazes de viabilizar pesquisas em áreas na fronteira do conhecimento, como inteligência artificial e biotecnologia.” Segundo ele, isso ajudaria a economia a ganhar produtividade e a escapar de períodos de estagnação que comprometem a capacidade do país em financiar adequadamente a ciência, a tecnologia e a inovação. ■

Fabício Marques

Investimentos do FNDCT em projetos

Total de pagamentos não reembolsáveis executados pelo fundo*



*Em R\$ atualizados pelo IGP-M (FGV) **Até 30/09/2019

FONTE: FINEP

CRIANDO ÁGUA LIMPA

Aprendizado em
equipe e busca de
soluções sustentáveis
marcam gincana
científica na Unicamp

Sarah Schmidt

Do lado de fora do Ginásio Multidisciplinar da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) era possível ouvir os gritos de uma torcida animada. Ao contrário do que se podia imaginar, não havia uma competição esportiva no local — mas científica. Lá dentro, em arenas, os estudantes colocavam seus protótipos à prova final, enquanto colegas animavam as equipes competidoras com batuques, danças e pompons. O desafio: filtrar 10 litros de água misturada com 100 gramas (g) de terra vegetal e 50g de calcário peneirado. Em 15 minutos.

“Nosso grupo teve muitos altos e baixos. Testamos e erramos muito, mas no final já estávamos conseguindo uma água mais cristalina. Além de conceitos científicos, a gente aprende a lidar com erros e a trabalhar em equipe”, avalia a estudante Isadora Santos, de 12 anos, integrante da equipe “Aquaporins”, do Instituto Educacional Crescer, de Campinas

(SP). Junto a outros quatro colegas, ela desenvolveu um protótipo formado por dois filtros complementares: o primeiro, composto de peneiras e meia-calça, retira a maior parte da terra. “Depois ele se divide em quatro minifiltros e cada um tem a mesma quantidade de carvão, pedra e carbonato de cálcio para alterar o pH, além de meia-calça e papel para tirar os resíduos”, conta. Isadora foi uma das 240 crianças e adolescentes, com idades entre 6 e 18 anos, que participaram da final do 10º Grande Desafio da Unicamp, realizado em 5 de outubro, um sábado. Organizado pelo Museu Exploratório de Ciências da universidade, o evento teve a participação de 56 equipes de nove cidades do estado de São Paulo.

A cada ano, os participantes precisam se debruçar sobre um problema diferente. Em 2019, a questão central foi: “Como garantir água limpa para a sua cidade?”. A proposição foi inspirada no sexto dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sus-

tentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU): “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos”. A partir desse tema, as equipes, formadas por até seis estudantes, puderam se inscrever em duas Trilhas de Desafio: a Experimental, que envolve a criação de um protótipo, e a Exploratória, mais flexível, uma novidade deste ano.

Os participantes das duas trilhas puderam se inscrever em três categorias: “Traquitinhas” (estudantes matriculados até o 6º ano no ensino fundamental); “Traquitanas” (do 7º ao 9º ano); e “Traquitanoes” (ensino médio). Todos os passos para a participação estavam explicados no Manual do Grande Desafio. Ao todo, foram 19 escolas participantes e 21 equipes premiadas neste ano, em critérios como originalidade, criatividade, impacto, processo de desenvolvimento e apresentação. O evento contou com 25 avaliadores, entre docentes, alunos de doutorado, estagiários de pós-doutorado e pesquisadores da universidade, todos voluntários. Além de troféus e medalhas, as equipes ganharam um convite para participar de uma oficina no museu para a construção de um turbidímetro, dispositivo que mede a turbidez da água, utilizando a plataforma de automação arduino.

Na Trilha Experimental, os estudantes precisavam resolver um problema predefinido, para o qual foi criada uma história fictícia: uma comunidade rural precisaria temporariamente coletar água de um riacho para consumo próprio. Como, então, tratar essa água com métodos e materiais acessíveis? Para isso, cada equipe precisou desenvolver filtros capazes de tratar essa água simulada. Desde maio, os estudantes trabalharam no desenvolvimento dos projetos e tiveram encontros com a equipe do museu, até chegar na arena do Grande Desafio.

O CAMINHO EXPERIMENTAL

Como no processo científico, é estimulando que, ao longo dos meses de preparação, os estudantes testem os resultados obtidos com seus projetos para aprimorar o que não estiver dando certo — ou criarem uma nova rota. Na Trilha Experimental, a equipe “ASU — Até Sermos Um”, da Escola Estadual Professor Antônio Dutra, de Itatiba (SP), investiu em elementos menos convencionais e foi premiada como “Solução Mais Criativa — Traquitanoes”. “Apreendi que não são só os produtos químicos vistos em aula que a gente pode utilizar”, avalia a estudante Ingrid Pelerin, de 16 anos. O experimento desenvolvido também contou com dois filtros, um embutido no outro. “O primeiro, além de pedra, areia fina e grossa, tem coentro e pó de

banana, que ajudam a tirar os metais pesados da água, filtro de papel para café e peneira. O segundo continha pó de casca de banana, erva-cidreira, filtro de papel e pano”, conta.

O estudante Jessé Romero, de 18 anos, aluno da Escola Estadual Severino Moreira Barbosa, de Cachoeira Paulista (SP), também utilizou produtos naturais. Integrante da equipe “i9”, vencedora da categoria “Melhor Solução — Traquitanoes”, ele explica como o protótipo foi montado: “Utilizamos o filtro que aprendemos no 6º ano e conceitos que vimos em sala de aula, mas trocamos os componentes padrões por outros, mais ecológicos. Nosso diferencial foi a fibra de banana, que usamos para reter metais pesados, por meio de uma ligação iônica, já que os metais são positivos e a fibra de banana é negativa. Além disso, como percebemos que a água estava descendo muito devagar, usamos um sistema de filtração de ar comprimido”, finaliza.

Os organizadores coletavam amostras que eram analisadas em um laboratório montado no ginásio. “É a primeira vez que temos análise quantitativa. Nos outros anos, os avaliadores olhavam o resultado criativo. Agora, além de olharmos todo processo e a criatividade, colocamos um dado científico da característica da água. Algumas equipes conseguiram qualidades muito boas”, comenta o físico responsável pelos experimentos do museu, Claudécir Ricardo Biazoli. Nas amostras, foram analisados três itens: turbidez, pH e cor da água.

“Nossa meta é trazer para essas crianças e jovens a oportunidade de experimentar como a ciência ou o método científico podem ser usados na solução de problemas relevantes para a sociedade, utilizando ferramentas e pensando como estabelecer um planejamento, criar hipóteses e validar resultados”, explica André Santanchè, diretor do Museu Exploratório de Ciências. O evento conta com o apoio da Pró-reitoria de Extensão e Cultura.

O CAMINHO EXPLORATÓRIO

Na estreante Trilha Exploratória, os estudantes foram incentivados a olhar para suas comunidades e apresentar pôsteres com soluções relacionadas ao uso da água. Essa trilha foi escolhida pela equipe “Amigos da Água Limpa”, formada por

Membros da equipe “Amigos da Água Limpa” recebem prêmio do coordenador do Museu Exploratório de Ciências da Unicamp



crianças entre 6 e 8 anos de idade, moradores do distrito de Barão Geraldo, em Campinas. O grupo analisou a água do Ribeirão das Pedras, que passa pelo local. “Eles foram ao rio, verificaram a sujeira, viram um cano despejando esgoto e espuma. Também medimos o pH da água, pesquisamos artigos científicos e eles começaram a pensar em formas de limpar essa água”, conta a engenheira química Juliana Queiroz Albarelli, pesquisadora da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp. Ela é a orientadora da equipe e mãe de Andres, de 8 anos, o responsável por unir os amigos no Desafio.

Além do pôster, eles levaram amostras de água e construíram uma maquete com peças de Lego. “Nossa proposta é fazer uma ecobarreira e criar duas estações de tratamento”, explicou Andres. Uma delas, para remover o esgoto, seria feita com peneira, filtros com pedra, areia e algodão e farinha de semente de moringa, para floculação e decantação do barro e remoção de bactérias. Já a segunda estação utilizaria luz solar e casca de banana seca moída para remover agrotóxicos e metais pesados. Sua colega de equipe, Clara Ribeiro, de 6 anos, também contou o que aprendeu com a experiência: “Vimos diferentes jeitos de limpar a água e também aprendemos a trabalhar em grupo. Agora estamos reunindo pessoas para construir essas duas estações e a ecobarreira.” A equipe venceu em três categorias “Traquitatinhas”: “Destaque na Prévia de Projetos”, “Destaque na Prévia de Resultados” e “Solução Mais Criativa e Original”.

Três estudantes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), *campus* Salto, resolveram trabalhar com outro tipo de água: a utilizada na máquina de lavar. Eles formaram a equipe “MIF” e partiram da dúvida: é possível regar plantas reusando essa água? A principal preocupação deles era com o desperdício, já que muitas vezes a água usada nas máquinas é descartada.

“A máquina libera três ciclos durante a lavagem. Com água e sabão, com amaciante e apenas água. Fizemos uma pesquisa bibliográfica e de campo e percebemos que a água com sabão pode interferir, sim, no crescimento das plantas. Dependendo, pode até matar”, explica o



Equipe “Aquaporins” usou peneiras e meia-calça para desenvolver um protótipo de filtro capaz de retirar a terra da água

estudante Igor Sena, de 17 anos. “No entanto, com amaciante e água limpa, não faz interferência ruim. Pelo contrário: em certas plantas, a água com amaciante até ajuda a fertilizá-las”, completa. O grupo venceu o prêmio “Melhor Trabalho em Equipe” da Trilha Exploratória. “Uma coisa que ajudou muito as nossas pesquisas foi ter visto em aula o cálculo do pH, porque precisamos calcular o do solo e das águas em cada ciclo”, conta o estudante Fabrício Vieira, de 17 anos.

O Grande Desafio já se tornou parte do calendário de muitas escolas que participam da competição. É o caso do Instituto Educacional Crescer, no qual o evento já virou uma espécie de disciplina paralela do currículo. “Assim que abrem as inscrições, a gente começa a se preparar”, explica a professora de ciências Milena Bertonecelli, que foi orientadora da equipe “Aquaporins”. Ela percebe, também, uma mudança de postura em

sala de aula. “Com a mão na massa, eles percebem os conceitos que viram anteriormente. E comentam: ‘Nossa, então foi isso que alterou o pH?’. Eu também tive uma melhora em notas de toda a turma. Antes de vir para a final do Desafio, eles apresentam o experimento para toda a sala. Então todo mundo aprende junto”, revela.

No IFSP de Salto, as trilhas Exploratória e Experimental entraram como parte do projeto de algumas disciplinas. “Como os alunos do ensino médio fazem técnico, criamos essa integração. Algumas disciplinas abrem espaço para eles construírem seus projetos e trabalharem conceitos de física, matemática e automação”, conta o professor de matemática Anderson Afuso, que participa do Grande Desafio pela terceira vez e já fez parte da organização do evento quando era estudante da Unicamp. Neste ano, ele foi um dos orientadores da equipe MIF. ■

Polêmica no ar de Jacobina

Artigo sobre descendentes de *Aedes aegypti* transgênicos usados em experimento em cidade da Bahia provoca racha entre seus autores

Diego Freire

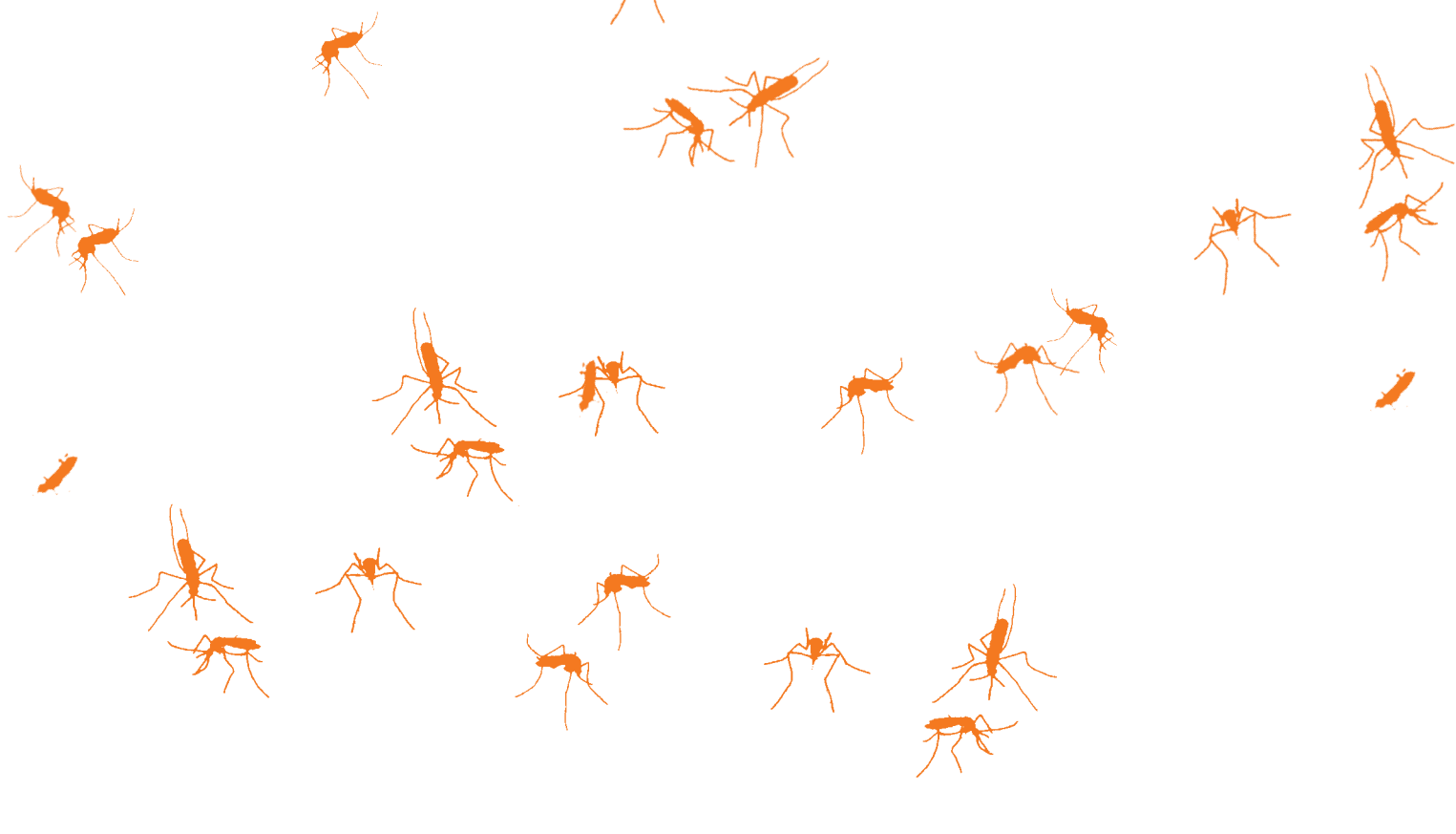
Atormentados por surtos de dengue, os 80 mil habitantes do município baiano de Jacobina, no norte da Chapada Diamantina, testemunharam as infestações de *Aedes aegypti* praticamente desaparecerem entre junho de 2013 e setembro de 2015, enquanto durou um experimento que introduziu mosquitos transgênicos entre os encontrados na natureza. A ação foi estudada por sete pesquisadores brasileiros e três dos Estados Unidos e as conclusões, publicadas em setembro em um artigo na revista *Scientific Reports*, são alvo de controvérsia. O motivo: as modificações matam os descendentes, mas a sobrevivência de uma pequena parcela leva ao surgimento de híbridos férteis, cujo DNA é uma mistura do material genético dos *A. aegypti* encontrados naturalmente e dos transgênicos.

No centro da polêmica está o geneticista Jeffrey Powell, da Universidade Yale, coordenador do estudo e responsável pela redação do artigo. Para ele, esses híbridos poderiam ser mais resistentes a inseticidas. Ainda não testada, a hipótese foi apresentada como especulação. A ilação contrariou seis dos autores brasileiros, que fizeram um pedido de retratação ao periódico, ainda em avaliação. “O importante é que, em campo, algo inesperado aconteceu. Quando se desenvolvem linhagens transgênicas que serão liberadas no ambiente, quase todas as informações são pro-

venientes de estudos de laboratório. As coisas nem sempre funcionam da maneira que se espera”, disse Powell em entrevista à revista *Science*.

No estudo, foi avaliada a liberação de uma cepa de *Aedes aegypti* modificada geneticamente, batizada de OX513A. Ela carrega um gene adicionado em laboratório que produz grande quantidade de uma proteína com origem em bactérias, sem função nas células de mosquitos. Ao direcionar os aminoácidos e a maquinaria celular dos insetos para a sua própria fabricação, essa proteína impede a produção de proteínas essenciais à vida do mosquito e ocupa boa parte do espaço, causando o colapso das células. Combinados, os dois efeitos causam a morte celular em poucos dias: o suficiente para que o macho modificado encontre a fêmea, acasale, passe o gene para sua descendência e morra. Nascidos já com o mecanismo de superprodução da proteína, os novos mosquitos devem morrer antes que possam servir de vetor a doenças.

O mosquito transgênico foi desenvolvido pela empresa Oxitec, originalmente britânica e hoje subsidiária da norte-americana Intrexon. Sua liberação ocorreu ao longo de 27 meses, entre junho de 2013 e setembro de 2015, em Jacobina. A cada semana, entre 1,2 milhão e 1,8 milhão de mosquitos machos transgênicos foram soltos próximos a focos de infestação, gradativamente superando a população masculina natural, acasalando com



as fêmeas e transmitindo o gene letal aos ovos. De acordo com o artigo, a liberação dessa cepa em grande número reduziu as populações de *A. aegypti* em até 95% no período do experimento.

Seria essa a solução para as recentes epidemias de dengue, zika, chikungunya e febre amarela silvestre enfrentadas por diferentes regiões do país? E, ainda, um meio de impedir o surgimento de surtos de outros vírus transmitidos por *A. aegypti*, como o mayaro? Segundo Powell, questões de segurança genética ainda precisam ser respondidas para que a estratégia seja adotada como política pública – posicionamento do qual nem todos os autores do trabalho compartilham e que levou seis dos brasileiros a fazerem um pedido de retratação. Eles alegam que não tiveram acesso à versão final do texto, com o que chamam de especulações.

Ao estudar a genética dos mosquitos nascidos do cruzamento entre os machos transgênicos e as fêmeas encontradas na natureza, os pesquisadores observaram que porções do genoma da cepa geneticamente modificada foram incorporadas à população-alvo. Cerca de 5% dos mosquitos nascidos do cruzamento não morreram no tempo esperado e chegaram à fase adulta.

Até aí, nenhuma novidade, segundo uma das autoras do artigo que defende a despublicação ou

retificação do trabalho, a bioquímica Margareth Capurro, do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP). A pesquisadora enfatiza que o surgimento de alguns híbridos não só era previsto como é inócuo. “O problema começa quando o artigo faz especulações a respeito de supostas consequências desastrosas de um processo perfeitamente previsível, a hibridização de uma pequena parcela dos descendentes, em que o gene não funciona como desejado e a morte celular não ocorre prematuramente”, argumenta Capurro. “Esses eventuais mosquitos resultantes do cruzamento com os transgênicos não representam perigo algum, posto que não transmitem mais doenças do que os insetos comuns e seriam até menos resistentes a inseticidas.” A cepa transgênica OX513A foi criada a partir de linhagens de *A. aegypti* do México e de Cuba, mais vulneráveis ao ataque químico que aquelas encontradas no Brasil – uma exigência para aumentar a segurança. Os híbridos sobreviventes carregam parte do material genético dessa cepa. Por isso, segundo a pesquisadora, eles seriam mais facilmente exterminados por inseticidas. Como a especulação de Powell, para quem os insetos sobreviventes poderiam ser mais fortes, a hipótese oposta defendida por Capurro, a de que eles seriam mais fracos, não foi testada em campo e é uma conjectura.



Estamos perdendo a guerra para *Aedes aegypti* e a ciência é uma importante aliada para nos colocar passos à frente, diz Malavasi

Apesar de chamar a atenção para a sobrevivência de híbridos, o artigo diz que “não está claro como isso pode afetar a transmissão da doença ou outros esforços para controlar esses vetores perigosos” e que “os resultados destacam a importância de se ter um programa de monitoramento genético durante essas liberações para detectar resultados indesejados”. “Essa declaração evidencia que não há motivos para alarde, mas para cuidado e cautela”, comenta o geneticista Aldo Malavasi, fundador e ex-presidente da Biofábrica Moscamed, que produziu, a pedido da Oxitec, os mosquitos utilizados em Jacobina. Malavasi, também coautor do artigo, não defende sua retratação.

A Oxitec não contesta os resultados do estudo liderado por Powell. De acordo com a geneticista Natalia Ferreira, diretora-geral da empresa no Brasil, os mosquitos transgênicos foram submetidos à Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), que aprovou a comercialização da linhagem OX513A. “Trata-se de uma margem segura. Se 5% dos mosquitos híbridos sobreviveram, os outros 95% que poderiam picar as pessoas morreram”, diz Ferreira. “O

sistema de superexpressão da proteína foi menos eficiente nos sobreviventes provavelmente devido à posição da sua inserção no genoma, algo comum em transgenia. Ainda assim, o experimento resultou em insetos mais fracos, já que a proteína continua expressa em quantidade maior que nos mosquitos comuns, diminuindo a viabilidade dos híbridos.”

Criador do mosquito geneticamente modificado e cofundador da Oxitec, o geneticista britânico Luke Alphey não vê risco para a reputação da sua criatura. “Em se tratando de ciência, todo questionamento é bem-vindo e, claro, há uma cultura de depreciação da transgenia por conta de muitas práticas nocivas do mercado. Mas, cientificamente falando, o artigo deixa clara a eficácia da estratégia”, afirma o cientista, que vendeu a empresa e hoje se dedica à pesquisa com manejo genético de pragas no Instituto Pirbright, do Reino Unido.

Para Malavasi, o que impede o avanço da estratégia de inserção de mosquitos geneticamente modificados no ambiente não é a segurança da técnica, mas os

custos envolvidos na produção e na logística da soltura dos insetos e a própria natureza desafiadora do *A. aegypti*. Um experimento realizado pela empresa ao longo de quatro anos na cidade paulista de Piracicaba custou R\$ 3,7 milhões à prefeitura local. Para um controle de longo prazo, os custos se tornam constantes e podem ser proibitivos. “Esse é um inseto de ciclo de vida curto que se reproduz aos milhares e exige de nós criatividade. A transgenia é um caminho, mas não o único e deve ser seguido em conjunto com outras estratégias”, pondera o geneticista. Esse tipo de controle de insetos é mais eficaz em territórios pequenos e isolados. Para se tornar dominante, a quantidade de mosquitos modificados precisa ser sempre maior do que a população de insetos presentes na natureza. “Isso não é fácil de conseguir em espaços mais dinâmicos, sujeitos a novas e seguidas infestações. Por isso, é importante que a população reduza os focos, que o poder público siga com o controle químico e a ciência avance rumo a novas estratégias”, comenta.

Pelo lado da ciência, o grupo do ICB-USP há anos trabalha no desenvolvimen-



Jacobina, na Bahia, foi o palco do primeiro experimento de soltura dos mosquitos transgênicos

to de mosquitos com espermatozoides defeituosos que, após o acasalamento, resultariam em ovos estéreis, com a inclusão adicional de um gene “suicida” no genoma do inseto, que o levaria à morte ao entrar em contato com vírus. Em testes no laboratório, essa linhagem não está destinada a entrar no mercado, mas o conhecimento resultante pode no futuro orientar a produção de novas versões comerciais. “*A. aegypti* é um inseto complexo e seu ‘cardápio’ de vírus só cresce. Nós precisamos diversificar as estratégias de combate, não restringir”, defende Capurro. Ela cita ainda o trabalho de pesquisadores da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) com mosquitos infectados pela bactéria Wolbachia, que os leva à morte.

Depois do experimento em Jacobina, a Oxitec testa agora, na cidade paulista de Indaiatuba, sem custos para a prefeitura, uma nova geração de mosquitos geneticamente modificados. Na primeira linhagem, o sistema de superexpressão da proteína era ativado igualmente entre machos e fêmeas, que deveriam ser separados mecanicamente na fase de pupa, estágio intermediário entre a larva e o adulto, quando é possível dife-

renciar o sexo dos insetos. O processo era trabalhoso e envolvia um controle de qualidade minucioso para evitar que fêmeas fossem soltas. Mesmo com o gene defeituoso, elas picam e, se contaminadas, podem transmitir vírus. “Na segunda geração, a ideia é usar o mecanismo de expressão diferencial natural entre machos e fêmeas para que elas morram enquanto são larvas e somente eles cheguem à fase adulta”, conta Ferreira. Os machos não se alimentam de sangue, e portanto não picam.

A novidade diminuiria os custos com a criação dos insetos e a logística de soltura. Isso porque os mosquitos adultos são muito sensíveis a variações de temperatura e impactos mecânicos, não podendo ser transportados para locais mais distantes. “Dessa forma, em cada local onde se vai intervir é necessário ter uma biofábrica. Não é possível produzir mosquitos geneticamente modificados em São Paulo e soltá-los em Manaus, por exemplo. Sabendo-se que, com a tecnologia de segunda geração, apenas os machos vingarão, é possível transportar os ovos, mais resistentes, por longas distâncias”, explica Ferreira, da Oxitec.

Nesse caso, seria possível comercializar kits com ovos de mosquitos montados como caixas de macarrão instantâneo, onde seriam colocadas duas cápsulas: uma com os ovos e outra com os nutrientes necessários às larvas quando eclodirem. Com a adição de água, o ciclo de vida do inseto seria iniciado e, depois de sete a 14 dias, os adultos começariam a voar para fora da caixa, procurando as fêmeas e dando início à sua missão de infiltrados na população natural. “Estamos perdendo a guerra para *A. aegypti* e a ciência é uma importante aliada para nos colocar passos à frente. As estratégias de modificação de insetos vieram para ficar e têm demonstrado sua eficácia e segurança”, diz Malavasi, da Moscamed. ■

Projeto

Avaliação e melhoramento de linhagens transgênicas de *Aedes aegypti* para controle de transmissão de dengue (nº 13/19921-9); Modalidade Auxílio à Pesquisa – Regular; Pesquisadora responsável Margareth de Lara Capurro-Guimarães (USP); Investimento R\$ 424.544,51.

Artigo científico

EVANS, B. et al. Transgenic *Aedes aegypti* mosquitoes transfer genes into a natural population. *Scientific Reports*. 10 set. 2019.

O DESAFIO DE
DIAGNOSTICAR A
ZIKA

Não há consenso científico de que algum dos 48 testes laboratoriais aprovados consiga diferenciar as infecções das causadas pelo vírus da dengue

Carlos Fioravanti

Em 2015, emergiu no Brasil uma doença até então obscura, a zika, cujas origem e consequências, principalmente a microcefalia, logo se tornaram conhecidas. Oficialmente, o número de casos registrados da doença caiu bastante nos últimos quatro anos, de 216 mil em 2016 para 2,3 mil de janeiro a março deste ano. O tamanho real da epidemia, porém, é desconhecido, já que os testes mais usados – os rápidos e os sorológicos – nem sempre identificam corretamente o agente causador da doença. A dificuldade se deve à grande semelhança genética entre o vírus da zika e o da dengue, que dificulta a tarefa de distinguir um do outro. É a chamada reação cruzada, uma limitação das ferramentas de diagnóstico conhecida há pelo menos 20 anos. Para complicar, alguns sintomas clínicos das duas doenças são similares, como febre e dor muscular, e ambos os vírus são transmitidos pela mesma espécie de mosquito, *Aedes aegypti*. Diferenciar o vírus da zika é importante para fazer o diagnóstico laboratorial da doença, conhecer seu ritmo de propagação na população e tomar medidas de prevenção.

Desde 2016, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), a partir de informações dos próprios fabricantes, aprovou para a venda 48 testes de identificação do vírus da zika, comercializados por nove empresas nacionais (privadas

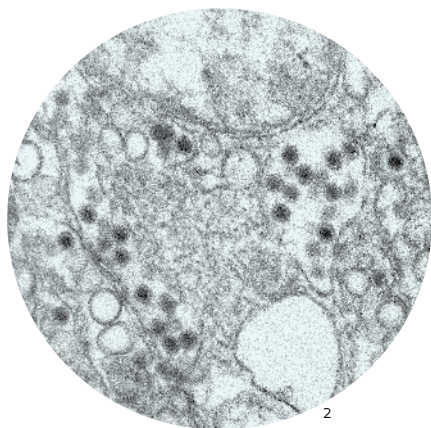
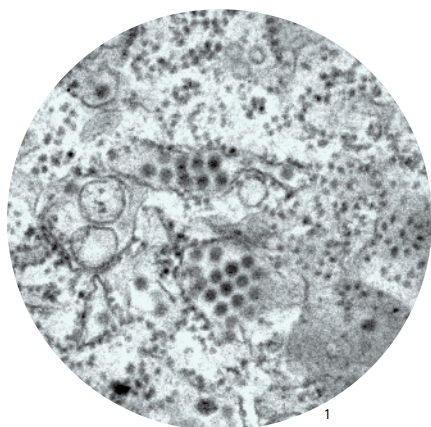
ou públicas) e 16 importadoras. Tiveram chancela da Anvisa 5 testes rápidos, 36 sorológicos e 7 moleculares. Os exames rápidos dependem da quantidade de anticorpos produzidos contra o vírus, bastante baixa nos primeiros dias após a infecção. Do mesmo modo, os testes sorológicos detectam anticorpos cuja produção foi estimulada pela presença do vírus no organismo, principalmente as imunoglobulinas do tipo G (IgG) e M (IgM), que podem ser detectadas depois de cinco ou sete dias após o início dos sintomas. Produzidos por células de defesa, os anticorpos permanecem no sangue, embora nem sempre seja possível identificar qual patógeno ativou sua produção. Esse tipo de exame pode ser feito a partir de uma semana após o contágio e custa menos do que o molecular.

Denominados RT-PCR, sigla para reação de transcriptase reversa, seguida de outra, em cadeia da polimerase, os testes moleculares registram trechos específicos de cada vírus. São o mais preciso de todos, mas têm de ser feitos em no máximo uma semana após a infecção, quando o vírus ainda pode ser encontrado no sangue, e por equipes especializadas. Em laboratórios privados, o preço dos testes para diagnóstico de zika varia de R\$ 10 a R\$ 600, dependendo da metodologia empregada.

De acordo com os fabricantes, os testes diferenciam os anticorpos produzidos pelo organismo em resposta ao ví-

Testes sorológicos apresentam risco alto de confundir o vírus da zika com o da dengue

Os CDC dos Estados Unidos alertam que os testes para zika podem dar resultado negativo para a doença real ou positivo para uma inexistente



Os círculos escuros nestas imagens de microscopia representam os vírus da dengue (*no alto*) e da zika (*acima*). As proteínas de superfície dos dois tipos apresentam uma similaridade genética de 41% a 46%

rus da zika dos resultantes da infecção por dengue. Mas há indícios de que os resultados nem sempre são confiáveis. “Os testes sorológicos disponíveis não parecem ser satisfatórios para diferenciar infecções causadas pelos vírus da zika e da dengue”, diz o infectologista Guilherme de Sousa Ribeiro, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), de Salvador. “Os fabricantes deveriam fornecer informações mais detalhadas sobre os testes e as amostras que usaram para validá-los.”

Ribeiro coordenou uma avaliação de dois testes de diagnóstico de zika de um dos principais fabricantes, a Euroimmun, filial de uma multinacional alemã. Nesse trabalho, publicado em julho de 2018 na revista científica *Virology Journal*, o teste para a detecção de anticorpos IgM contra o vírus da zika não conseguiu detectar 87,5% das pessoas infectadas e deu resultados falsos positivos em apenas 2% dos casos, indicando a ocorrência de uma infecção pelo vírus que na verdade não havia.

Inversamente, a avaliação do teste para a detecção de anticorpos IgG registrou uma sensibilidade (capacidade de identificar corretamente as pessoas com uma doença) de 100% e uma especificidade (capacidade de apresentar um resultado negativo em quem não tem a doença) de 27,3% em amostras de soro de pacientes com dengue e de 45% em amostras de doadores de sangue. Com base nesse último teste, todas as amostras de pessoas com a doença foram positivas, mas para muitas que não tinham a doença o teste apresentou resultados falsos positivos, indicando, erroneamente, que a teriam contraído.

A Euroimmun contestou a metodologia e os resultados da avaliação. O farmacêutico-bioquímico Gustavo Janaudis, diretor-executivo da empresa, diz que o teste consegue identificar todas as pessoas que têm o vírus no sangue e dá apenas 2% de falsos positivos. “A reatividade cruzada com dengue é praticamente nula”, diz ele. A Mobius Life Science, empresa nacional sediada em Pinhais, Paraná, produz testes com tecnologia própria a partir de antígeno da proteína NS-1 do vírus da zika. Seus testes, que não passaram por uma avaliação independente, também teriam a capacidade de identificar 100% das pes-

soas com o vírus da zika e daria apenas 2% de falsos positivos, segundo Aline Leck, da assessoria científica da empresa. Essa proteína é uma das primeiras a serem produzidas pelo organismo quando ocorre a infecção por zika.

“Não podemos confiar nas informações dos fabricantes”, observa o infectologista Celso Granato, professor da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) e assessor médico do Grupo Fleury, formado por uma rede de 185 laboratórios de diagnósticos em oito estados do país. “Os testes podem funcionar em populações do exterior, mas não aqui. As cepas de vírus encontradas na população brasileira são diferentes das dos países em que os testes foram produzidos.” Segundo ele, as equipes do Fleury fizeram uma validação interna dos testes dos fabricantes, antes de usá-los, com base em amostras de pessoas com diagnóstico confirmado de zika em 2016, e encontraram diferenças de até 30 pontos percentuais a menos que os valores apresentados pelos fabricantes.

NOVO TESTE

O Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP) criou um teste sorológico de diagnóstico de zika em parceria com a Advagen, pequena empresa com uma dezena de funcionários sediada em Itu, interior paulista. Fundada por dois empresários, sem participação de pesquisadores, a Advagen produzia placas de petri quando, durante a epidemia de zika no país, seus donos procuraram o ICB com o intuito de criar o exame. Ainda antes de adotar o nome atual, a empresa recebeu auxílio pelo programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) da FAPESP.

Desenvolvido desde 2015 com o propósito de evitar a reação cruzada com o vírus da dengue, o teste da USP está sendo avaliado em hospitais, centros de pesquisa e laboratórios clínicos de São Paulo e de outros estados. De acordo com a biomédica Danielle Oliveira, pesquisadora do ICB e coordenadora do projeto, o teste atingiria uma acurácia de 92% para registrar o vírus da zika em pacientes infectados e resultaria em no máximo 5% de falsos positivos.

O exame do ICB apresentaria baixo risco de reação cruzada por se valer de um fragmento específico da proteína NS-1 do vírus da zika. Outros fabrican-

Teste do ICB-USP tem a meta de oferecer maior precisão por usar um fragmento específico de uma proteína do vírus da zika



tes afirmam que também utilizam partes dessa proteína ou toda ela em seus exames para detectar infecções por zika. “A NS-1 é uma das primeiras proteínas que o vírus da zika libera na circulação sanguínea e induz a uma produção intensa de anticorpos”, explica o biólogo Luis Carlos de Souza Ferreira, diretor do ICB, que participou do trabalho. Segundo Wagner Rodrigues, diretor administrativo da AdvaGen, a meta é produzir a proteína em um volume muito maior e o mais rapidamente possível para participar de grandes licitações de compras promovidas pelo Ministério da Saúde.

Em fevereiro deste ano, com base em laudos do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde (INCQS), ligado à Fiocruz, a Anvisa proibiu a produção de testes rápidos para zika, dengue e chikungunya da Fundação Baiana de Pesquisa Científica e Desenvolvimento Tecnológico, Fornecimento e Distribuição de Medicamentos – Bahiafarma, do governo estadual. Os laudos argumentavam que os exames não davam resultados confiáveis. De acordo com a assessoria de comunicação, a Bahiafarma contestou judicialmente as alegações de que a eficácia dos testes era baixa. Também disse que já havia cessado a produção antes da ação da Anvisa, após o término de contrato com o Ministério da Saúde,

para o qual forneceu cerca de 6,5 milhões de testes diagnósticos de zika, dengue e chikungunya desde 2016, a um valor aproximado de R\$ 165 milhões. Desenvolvido com a empresa coreana Genbody e um dos primeiros usados no país, o teste de diagnóstico de zika da Bahiafarma conseguiria, segundo a empresa, identificar corretamente 94% das pessoas infectadas pelo vírus da zika e daria 7% de falsos positivos.

As instituições públicas disputam com empresas privadas as encomendas do Ministério da Saúde, dos centros de pesquisa e dos laboratórios clínicos privados. O Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos (Bio-Manguinhos), da Fiocruz, produz testes para a detecção de IgG e IgM com tecnologia da empresa norte-americana Chembio. Feitos com fragmentos de proteínas virais, entre elas a NS-1, têm sensibilidade e especificidade superiores a 95%, segundo Antonio Gomes Pinto, gerente do programa de desenvolvimento tecnológico de reativos para diagnóstico do Bio-Manguinhos/Fiocruz. “No entanto, com amostras de pacientes com dengue, evidenciamos reações cruzadas, em níveis superiores a 50% com a resposta de IgG de nossos testes de zika”, diz ele. “Altos percentuais de reações cruzadas, especialmente para a resposta de IgG, são apontados entre todos os testes de diagnóstico comerciais disponíveis atualmente, no Brasil e no mundo.”

Embora de 41% a 46% da sequência de proteínas da superfície dos vírus da zika e da dengue sejam diferentes, as similaridades são suficientes para permitir reações cruzadas: a maioria dos anticorpos que reagem às proteínas da superfície do vírus da dengue também reage com as da zika, de acordo com um estudo de pesquisadores do Imperial College, de Londres, publicado na *Nature Immunology* em 2016. Os Centros de Controle e Prevenção de Doenças (CDC), dos Estados Unidos, alertam que não há teste 100% preciso para zika. O resultado pode às vezes ser negativo em caso de infecção real ou indicar resultado positivo para uma doença inexistente. ■

Projeto

Diagnóstico sorológico rápido e de baixo custo para zika vírus, utilizando a plataforma Elisa-IgG/IgM (nº 16/08727-5); **Modalidade** Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe); **Pesquisadora responsável** Danielle Bruna Leal de Oliveira (Meios de Cultura Barth); **Investimento** R\$ 1.491.845,40.

Artigos científicos

KIKUTI, M. *et al.* Diagnostic performance of commercial IgM and IgG enzyme-linked immunoassays (Elisas) for diagnosis of zika virus infection. *Virology Journal*. v. 15, n. 1, p. 2-7. 13 jul. 2018.
DEJNIRATTISAI, W. *et al.* Dengue virus sero-cross-reactivity drives antibody-dependent enhancement of infection with zika virus. *Nature Immunology*. v. 17, n. 9, p. 1102-8. set. 2016.
MONTECILLO-AGUADO, M. R. *et al.* Cross-reaction, enhancement, and neutralization activity of dengue virus antibodies against zika virus: A study in the Mexican population. *Journal of Immunology Research*. v. 2019, ID 7239347, p. 1-14. 2 set. 2019.

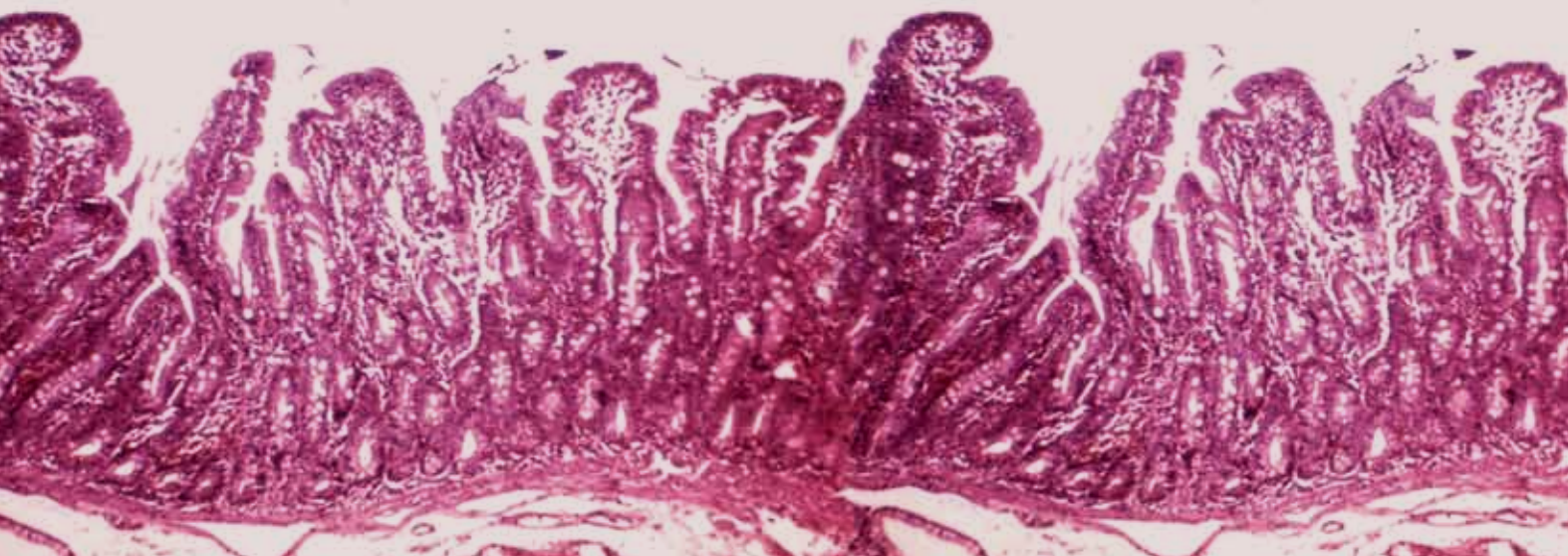
PISTAS DA ORIGEM DO DIABETES TIPO 1

Alterações na microbiota do intestino podem estar associadas ao surgimento da doença

Pesquisadores das universidades Federal de Minas Gerais (UFMG) e de São Paulo (USP) identificaram em modelos animais uma sequência de alterações orgânicas nas populações de bactérias que colonizam o intestino (microbiota) que pode desencadear o diabetes tipo 1, caracterizado pela destruição das células do pâncreas produtoras de insulina por outras células do organismo.

De acordo com esse estudo, publicado em julho na revista científica *Journal of Leukocyte Biology*, a produção de substâncias antimicrobianas e de anticorpos que protegem a membrana do intestino é muito baixa em uma linhagem especial de camundongos, que desenvolve diabetes espontaneamente e reproduz a evolução da doença em seres humanos. Diante de barreiras deficientes, bactérias que vivem no intestino sem causar doenças e as toxinas que produzem atravessam a membrana e se instalam nos gânglios linfáticos – ou linfonodos – que conectam o pâncreas e a porção inicial do intestino. Nos linfonodos, os microrganismos e as toxinas podem ativar um grupo de células brancas, os linfócitos T.

“O deslocamento de bactérias do intestino para os linfonodos precipita processos inflamatórios que poderiam ocorrer apenas mais tarde”, diz a médica imunologista Ana Maria Caetano Faria, do Instituto de Ciências Biomédicas da UFMG, que coordenou o estudo. Nos linfonodos, uma proteína da superfície de células brancas do sangue conhecida como NOD2 reconhece as bactérias e toxinas que migraram do intestino e geraram uma resposta inflamatória, ativando os linfócitos T, como descrito por uma equipe da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP-USP) em um artigo de 2016 na *Journal of Experimental Medicine*.



Os linfócitos T vão em seguida para o pâncreas e, incapazes de distinguir o que é do próprio organismo de microrganismos causadores de doenças, destroem as células beta, produtoras de insulina.

Mais comum nas duas primeiras décadas de vida, o diabetes tipo 1 acomete cerca de 1,1 milhão de pessoas e é tratado com reposição de insulina. O tipo 2, no qual a insulina é produzida, mas não utilizada pelo organismo, é o mais comum, com 90% dos casos diagnosticados, e atinge cerca de 11 milhões de pessoas no país. O diabetes tipo 1 é classificado como uma doença de predisposição genética, mas menos de 10% das pessoas suscetíveis desenvolvem o distúrbio. Fatores ambientais, como a dieta, exposição a agentes infecciosos e mudanças na composição da microbiota intestinal, também estão associados à doença. “A predisposição genética não age sozinha nem explica tudo. Entre irmãos gêmeos, um pode ter a doença mais cedo e o outro mais tarde”, comenta Faria.

Os camundongos do tipo diabetes não obeso (NOD), usados nos experimentos que levaram a essas conclusões, começam a desenvolver a doença quatro semanas após nascer, logo depois do desmame. “Identificamos processos inflamatórios no intestino anteriores ao primeiro sinal clínico do diabetes – a elevação das taxas de glicose no sangue –, que ocorre normalmente após a 20ª semana de vida”, relata Faria. Segundo ela, os animais dessa linhagem produzem poucos anticorpos, principalmente a

imunoglobulina do tipo A (IgA), e pouco muco, gel com propriedades antimicrobianas que reveste a mucosa intestinal.

Na UFMG, os experimentos realizados pela bióloga Mariana Miranda registraram uma redução na produção de interleucina 10 (IL-10) no intestino dos camundongos, antes e durante o desenvolvimento do diabetes. A IL-10 é uma citocina anti-inflamatória na regulação do sistema de defesa na mucosa intestinal. Sua escassez facilita a progressão de inflamações e a migração de células através da mucosa intestinal.

“Uma das primeiras etapas do diabetes tipo 1 é uma mudança significativa no perfil da microbiota intestinal”, diz a bióloga Daniela Carlos Sartori, da FMRP-USP, que participou desse trabalho. “Bactérias não patogênicas com potencial probiótico, como *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, são substituídas por outras, patogênicas e pró-inflamatórias, como *Escherichia coli*”, diz.

No Instituto Científico São Rafael, em Milão, na Itália, a imunologista Chiara Sorini também verificou em camundongos que a colite, um tipo de inflamação intestinal, pode alterar a camada de muco, debilitar a barreira intestinal e levar ao diabetes tipo 1. Em um artigo publicado também em julho na revista *PNAS*, Sorini e outros pesquisadores da Itália e da Suécia argumentaram que o aumento da permeabilidade da mucosa intestinal é “diretamente responsável” pela destruição das células beta, que ocasiona o diabetes tipo 1. De acordo com esse trabalho, camundongos NOD, apesar de terem células T específicas para células beta, não se tornam diabéticos a menos que um evento, como a perda da barreira intestinal, dispare o processo de autoimunidade.

“Talvez a microbiota não seja a responsável direta pelo diabetes tipo 1, mas certamente é um dos fatores que desencadeiam a doença”, ressalva o endocrinologista Mário Saad, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que não participou desses estudos. “Os avanços no esclarecimento das causas do diabetes são muito importantes, mas ainda estamos longe da cura ou de novos tratamentos.” As causas poderiam ser ainda mais complexas. Em um artigo publicado em março de 2016 na *Nature Reviews Endocrinology*, Mikael Knip e Heli Siljander, da Universidade de Helsinque, na Finlândia, observaram que as alterações nas populações de bactérias, por começarem depois da produção de anticorpos que vão atacar as células beta, poderiam estar envolvidas na progressão da doença, mais do que em sua causa.

“A partir desses resultados, recomendamos evitar as dietas ricas em carboidratos refinados e gorduras, que facilitam esse processo, e avaliar intervenções nutricionais à base de fibras, ou de probióticos, com as próprias bactérias, para manter a microbiota intestinal saudável”, comenta Sartori. ■ Carlos Fioravanti

Projeto

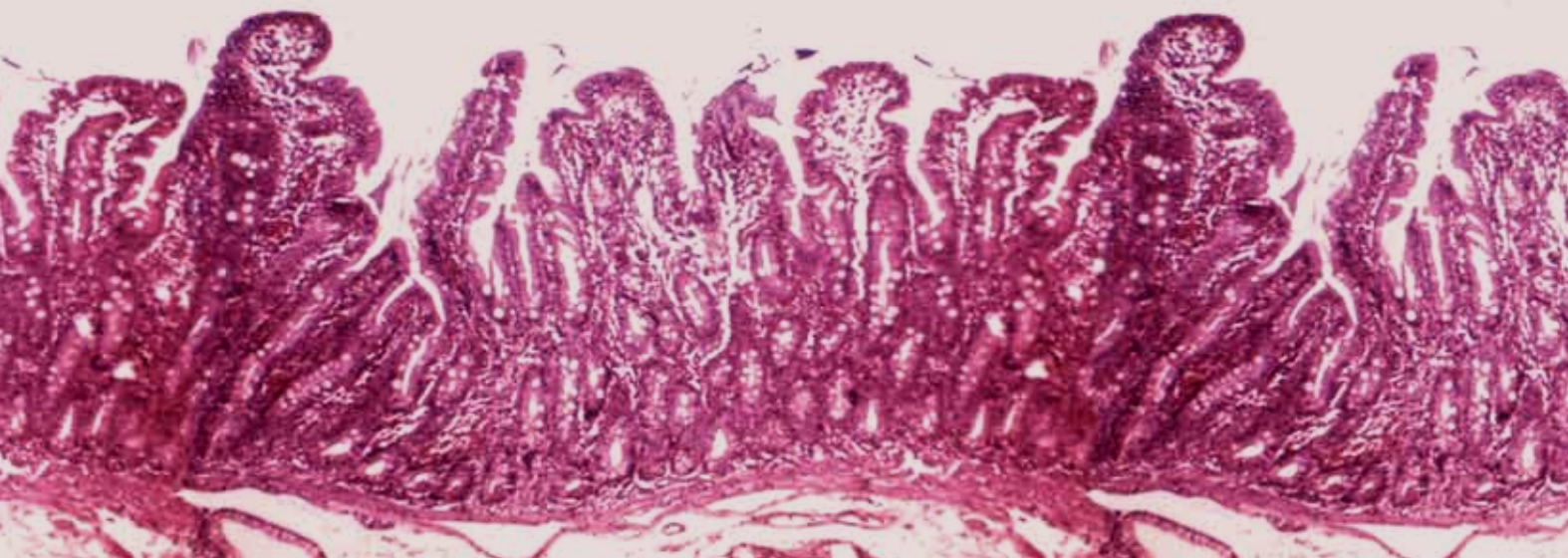
Estudo do perfil do microbioma intestinal e do potencial terapêutico de estratégias de intervenção na imunopatogenia do diabetes tipo 1 e 2 (nº 18/14815-0); Modalidade Jovem Pesquisador; Pesquisadora responsável Daniela Carlos Sartori (USP); Investimento R\$ 2.416.301,71.

Artigos científicos

MIRANDA, M. C. G. et al. Abnormalities in the gut mucosa of non-obese diabetic mice precede the onset of type 1 diabetes. *Journal of Leukocyte Biology*. v. 106, n. 3, p. 513-29. 16 jul. 2019.

SORINI, C. et al. Loss of gut barrier integrity triggers activation of islet-reactive T cells and autoimmune diabetes. *PNAS*. v. 116, n. 30, p. 15140-9. 23 jul. 2019.

Mucosa intestinal perfurada por bactérias que levam à destruição das células do pâncreas produtoras de insulina



PRETZEL CÓSMICO

Estrutura formada por
protoestrelas binárias
em estágio inicial de
desenvolvimento
(*no alto*) foi identificada no
extremo sul da Nebulosa
do Cachimbo (*ao lado*)

Imagem registra sistema formado por duas estrelas recém-nascidas envoltas por discos e filamentos de gás e de poeira entrelaçados

Rodrigo de Oliveira Andrade

Na constelação de Ofiúco, distante cerca de 600 anos-luz da Terra, duas estrelas jovens de massa equivalente à do Sol alimentam-se de uma rede de filamentos de gás e poeira interestelar envolta por um disco maior na forma de uma espiral. De longe, essa figura lembra um *pretzel*, tipo de pão bastante popular nos países de origem germânica. A imagem desse sistema estelar foi possível graças a uma observação em alta resolução realizada por um grupo internacional de pesquisadores, entre eles os astrofísicos brasileiros Felipe de Oliveira Alves, que faz estágio de pós-doutorado no Centro de Estudos Astronômicos do Instituto Max Planck para Física Extraterrestre, em Munique, na Alemanha, e Gabriel Armando Franco, do Departamento de Física do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Um artigo publicado em outubro na revista *Science* traz detalhes desse flagra cósmico.

Pesquisadores de outros grupos já haviam obtido um esboço das estruturas em torno das duas estrelas recém-nascidas a partir de informações fornecidas pelo radiotelescópio Submillimeter Array (SMA), no Havaí. Desta vez, no entanto, a equipe coordenada por Alves usou a rede de radiotelescópios do Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (Alma), em San Pedro de Atacama, no Chile, um dos maiores sítios de observação astronômica do mundo. As imagens obtidas pelo Alma são muito mais nítidas que as feitas pelo SMA e permitiram aos pesquisadores analisar os pormenores de toda a estrutura do sistema, batizado de [BHB2007] 11, inclusive sua intrincada rede de filamentos de gás e poeira que parecem dançar em torno dos dois pontos brilhantes. “Essa é a primeira vez que astrofísicos conseguem obter uma imagem tão nítida de um sistema de protoestre-

las binárias em seus estágios iniciais de formação”, destaca Franco.

Com base nas observações, os pesquisadores calculam que as duas estrelas estão separadas uma da outra por uma distância 28 vezes maior do que a da Terra em relação ao Sol, que é de aproximadamente 149,6 milhões de quilômetros. Também estimam que elas tenham nascido há cerca de 200 mil anos, a partir do colapso de uma nuvem molecular, também conhecida como nebulosa escura.

Essas regiões da Via Láctea apresentam grandes concentrações de gás e poeira interestelar. São tão densas que são capazes de obscurecer a luz das estrelas situadas atrás delas. As nebulosas são também extremamente frias, com temperaturas de até -250 graus Celsius, próximas ao zero absoluto. Essas condições favorecem a aglomeração de gases. Quando a densidade atinge um valor limite, essas nuvens colapsam sob a ação de sua própria força gravitacional e se despedaçam em fragmentos menores que dão origem às protoestrelas. “É por isso que as nebulosas escuras passaram a ser conhecidas como berçários de estrelas entre astrônomos e astrofísicos”, conta Franco.

As duas protoestrelas estão situadas em um pequeno aglomerado estelar em uma nebulosa escura chamada Barnard 59, na extremidade de uma nuvem de poeira interestelar mais densa e maior chamada Nebulosa do Cachimbo — assim batizada por conta de seu formato. Cada estrela tem seu próprio disco circunestelar, ambos compostos de poeira e gás. “O tamanho de cada um desses discos é semelhante à distância do Sol em relação ao cinturão de asteroides, localizado entre as órbitas de Marte e Júpiter”, explica Alves, principal autor do estudo. “Ambos estão cercados por um disco maior, quase circular, de massa equivalente a 80 vezes à de Júpiter.” Na

imagem divulgada, os filamentos estão entrelaçados e é possível identificar dois deles. Não é possível ver o disco maior.

Segundo os pesquisadores, as duas protoestrelas provavelmente se alimentam do material contido no disco maior por meio de um mecanismo dividido em duas etapas. Em um primeiro momento, a massa do disco maior é transferida para o menor, que, em seguida, é absorvido pelas jovens estrelas. “Há uma hierarquia no modo como elas se alimentam e ganham massa”, diz Alves.

Ele explica que, à medida que o material desses anéis cai no centro das protoestrelas, elas se tornam maiores. Isso ocorre porque o gás sugado por elas se contrai, convertendo energia cinética, do movimento, em calor. Esse processo faz com que tanto sua pressão quanto sua temperatura aumentem. Ao atingirem alguns milhares de graus de temperatura, daqui a estimados 12 milhões de anos, as protoestrelas vão se tornar uma fonte de radiação infravermelha e se transformar em uma estrela como o Sol.

Segundo Franco, as duas protoestrelas binárias têm massas parecidas, mas uma possivelmente é menor que a outra. “Ela parece se alimentar mais do material contido no seu disco e ganhar massa mais rápido que a estrela maior”, comenta ele. Apesar dessa ligeira irregularidade, as observações indicam que todo o sistema tende a se autorregular para que as duas protoestrelas mantenham massas mais ou menos equivalentes e se desenvolvam de modo homogêneo. “Esses dados nos ajudam a compreender melhor como se dá a formação desses sistemas nascentes compostos por duas estrelas”, afirma Alves. ■

Artigo científico

ALVES, F. O. et al. Gas flow and accretion via spiral streamers and circumstellar disks in a young binary protostar. *Science*. v. 366, nº 6461, p. 90-93, out. 2019.

FRIO POR UM FIO

Sistema de refrigeração baseado na torção e destorção de fibras reduz a temperatura da água em até 7 °C

Marcos Pivetta

Torcer e destorcer fibras de borracha, linhas de pesca ou fios de uma liga de níquel e titânio pode alterar a temperatura do material em até 20 °C. Enrolados, os filamentos esquentam. Em seguida, entram em equilíbrio térmico com o ambiente e perdem alguns graus. Por fim, desenrolados, esfriam na mesma medida em que tinham se aquecido. De acordo com o material empregado, o número de fibras utilizado e o nível de torção e destorção exercido, as oscilações térmicas podem ser maiores ou menores. Quanto mais enrolados, mais os fios esquentam e, por conseguinte, mais resfriam quando são desenrolados. Além de apresentar esse efeito, até agora desconhecido, um artigo publicado na revista científica *Science* em 11 de outubro indica que parte do frio gerado por esse tipo de manipulação de fios pode ser transferida para o ambiente e se tornar uma alternativa a ser empregada em sistemas de refrigeração, como geladeiras e aparelhos de ar-condicionado.

Um experimento relatado no estudo, feito por pesquisadores dos Estados Unidos, da China e do Brasil, mostra que a temperatura de um fluxo de água diminuiu entre 4,7 °C e 7,7 °C ao passar por um dispositivo resfriado pelo movimento

Estudo mostra que torcer fios esquentava o material e destorcer esfria

de destorção de três fibras retorcidas de níquel e titânio com 0,7 milímetro (mm) de diâmetro. “Chamamos esse efeito de resfriamento calórico por torção”, afirma, em comunicado à imprensa, o físico Ray Baughman, diretor do Instituto NanoTech da Universidade do Texas em Dallas, Estados Unidos, coordenador da equipe que realizou o estudo. O grupo liderado por Baughman tem testado a torção de fios ou até de nanotubos de carbono em experimentos com diferentes finalidades, como produzir energia ou fabricar músculos artificiais.

A nova forma de promover o resfriamento é uma variante de um fenômeno conhecido há 200 anos e denominado efeito elastocalórico. “Desde 1805, sabemos que esticar uma borracha rapidamente aumenta sua temperatura”, explica Douglas Galvão, do Instituto de Física Gleb Wataghin da Universidade de Campinas (IFGW-UNICAMP), coautor do trabalho. Essa é uma propriedade simples de entender: espichar uma fibra torna-a mais quente; soltá-la, para que volte ao formato original, reduz sua temperatura na mesma proporção em que havia aumentado. “A descoberta de que uma torção faz a temperatura dessa estrutura variar de forma significativa tem potenciais aplicações tecnológicas”, comenta Galvão.

A mudança de temperatura ocorre porque a deformação mecânica exercida sobre um fio (seu puxamento ou torção) diminui a entropia, uma grandeza termomecânica que mede a desordem das partículas de um sistema físico. Essa alteração faz o material ceder calor ao ambiente. Quando a fibra é solta, o efeito é revertido e a temperatura se reduz. No estudo, por meio de análises de cristalografia de raios X, os pesquisadores observaram esse rearranjo molecular no interior das fibras torcidas e destorcidas quando elas esquentavam e resfriavam. Eles também constataram que torcer e destorcer fios altera a temperatura com o dobro da eficiência do que o ato de esticar e soltar o mesmo material. Em alguns experimentos, os fios foram pintados com tintas que mudam de cor em função de variações de temperatura, detalhe que permitiu observar as mudanças térmicas.

O resfriamento por torção apresenta ainda outra vantagem prática em relação ao produzido pelo espichamento do fio:

O efeito de diminuição da temperatura foi obtido em experimentos com fibras de borracha, linhas de pesca e fios de níquel e titânio

um elástico enrolado necessita de menos espaço do que um esticado. “Criar uma geladeira baseada no efeito elastocalórico clássico seria inviável”, explica o físico Alexandre Fontes da Fonseca, também do IFGW, outro coautor do estudo. Para produzir frio em quantidade suficiente, o aparelho teria que ocupar um tamanho de seis a sete vezes maior do que o comprimento original de suas fibras de borracha. Esse espaço extra seria usado pelo movimento de esticar e soltar os fios. Uma forma de contornar esse problema seria usar materiais em escala nanométrica, que não precisam de muito espaço ao ser esticados, em aparelhos de refrigeração. Alguns estudos sinalizam que isso seria possível. Outra maneira seria recorrer ao resfriamento calórico por torção de fios macroscópicos. “Com a descoberta de que a torção das fibras produz o mesmo efeito térmico que seu esticamento, a ideia de usar materiais sólidos, em vez de gases, em sistemas de refrigeração pode se tornar algo viável”, diz Fonseca.

As geladeiras atuais esfriam seu ambiente interno por meio da compressão de vapor. O processo é eficiente, mas tem um custo ambiental. Até alguns anos atrás, os gases utilizados para essa finalidade eram os clorofluorcarbonetos (CFCs), que destroem a camada de ozônio da atmosfera, cuja finalidade é proteger o planeta da radiação ultravioleta emitida pelo Sol. Depois da proibição do uso desses compostos em muitos países, inclusive o Brasil, os hidrofluorcarbonetos (HFCs) passaram a ser utilizados em refrigeradores e sistemas de ar-condicionado. Embora não produzam danos à camada de ozônio, os HFCs contribuem para o aumento do efeito estufa, o aquecimento anormal da temperatura da atmosfera terrestre.

Esse quadro faz com que alternativas ao uso de gases para refrigeração sejam alvo de novas pesquisas. Entre elas, destacam-se as que promovem mudanças na corrente elétrica, no campo magnético ou no movimento mecânico de materiais sólidos (como o esticamento e a torção de fios) para diminuir a temperatura em sistemas fechados, como um refrigerador.

Para ser viável comercialmente, um método alternativo de refrigeração tem de ser barato e eficiente em otimizar as trocas de calor entre o material que produz o frio – a fibra de borracha ou linha de pesca no caso do novo experimento – e o ambiente a ser termicamente modulado, como o ar dentro de uma geladeira ou em um climatizador. Esse é o desafio que os aparelhos atuais, resfriados por gases, superam sem problemas não fosse pelo impacto provocado por seus vapores no clima do planeta. “A eficiência do uso da torção ou do esticamento de fios em sistemas para gerar frio ainda não é tão boa quanto a da geladeira comum, mas é melhor do que a obtida com outros métodos de refrigeração descritos na literatura científica”, diz Fonseca. ■

Projeto

Centro de Engenharia e Ciências Computacionais – Cecc (nº 13/08293-7); Modalidade Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid); Pesquisador responsável Munir Salomão Skaf (Unicamp); Investimento R\$ 24.519. 718, 86 (para todo o projeto).

Artigo científico

WANG, R. et al. Torsional refrigeration by twisted, coiled, and supercoiled fibers. *Science*. 11 out. 2019.

TECNOLOGIA MOBILIDADE ELÉTRICA

FOCO NAS BATERIAS DE LÍTIO



Detalhe de bateria de lítio da empresa paulista Electroc cell

LÉO RAMOS CHAVES

Iniciativas podem inserir o Brasil no crescente mercado de sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos

Domingos Zaporolli

O Brasil pode passar a integrar em breve o grupo de países que fabricam baterias para mobilidade elétrica, segmento liderado por China, Estados Unidos, Japão e Coreia do Sul. Pelo menos quatro iniciativas, envolvendo empresas nacionais em colaboração com estrangeiras, estão em curso no país com essa finalidade. Na maioria delas, a tecnologia das baterias foi ou está sendo desenvolvida pelo parceiro internacional. Um dos projetos é encabeçado pela Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemge), que fechou um acordo em 2018 com a companhia inglesa Oxis Energy para constituir a primeira fábrica em escala industrial de células de bateria de lítio- enxofre (Li-S) do mundo. A tecnologia, segundo a Oxis, tem desempenho e segurança superiores ao das baterias de lítio-íon, a principal solução que abastece o mercado de veículos elétricos. A tradicional fabricante de baterias Moura, a desenvolvedora de sistemas de células a combustível Electroc cell e um consórcio que une os mineiros da Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM) e os japoneses da Toshiba também planejam se estabelecer nesse segmento.

Em um primeiro momento, o alvo da Oxis Brasil, empreendimento fruto da parceria entre a Codemge e a Oxis Energy, será o segmento de veículos pesados, como ônibus e caminhões, e as indústrias de defesa e aeroespacial, com aplicações em drones, satélites e os veículos elétricos de decolagem e aterrissagem vertical (eVTOLs). Planejada para ser erguida em Nova Lima, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, com um investimento de US\$ 56 milhões, a fábrica deve começar a operar em 2022 com uma produção anual de 300 mil células de bateria. No segundo ano, a expectativa é de chegar a 1,2 milhão de unidades, metade da capacidade total esperada. A estrutura já prevê uma futura ampliação, que permitirá a fabricação anual de 4,8 milhões de células.

Uma bateria veicular é, na verdade, um conjunto de pequenas baterias (chamadas células), que são integradas, formando um pacote, e geridas por um software denominado BMS (Battery Management System ou sistema de gestão de bateria). Para cada aplicação é desenhado um pacote específico de células com ligações em série e em paralelo. Uma bateria para ônibus, por exemplo, demanda por volta de 10 mil células. Rodrigo Mesquita, gerente da unidade de Novos Negócios da Codemge, informa que a fábrica não se dedicará a produzir as baterias. Essa função ficará a cargo de empresas integradoras de células e sistemas BMS.

“Estamos em fase de definição dos parceiros que farão essa integração. Esperamos atrair alguns deles para o Brasil”, afirma. Os integradores

deverão ser indicados pelos futuros clientes das baterias. Entre as companhias que já manifestaram interesse no equipamento estão a brasileira Embraer, as norte-americanas Boeing e Lockheed Martin, o consórcio europeu Airbus e as alemãs Mercedes-Benz e Porsche.

A tecnologia das células de baterias de lítio-enxofre foi desenvolvida pela Oxis Energy. A Codemge, por meio do fundo de investimentos Aerotec, criado por ela, investiu no ano passado R\$ 18,6 milhões por uma participação de 12% na Oxis Energy e trouxe o projeto industrial para o Brasil a fim de adensar a cadeia produtiva do lítio em Minas Gerais. A região do Vale do Jequitinhonha, no nordeste do estado, desponta com potencial de se posicionar como grande produtora do minério.

A Oxis Brasil será a primeira fábrica em escala comercial de baterias de lítio-enxofre do planeta. A tecnologia está em desenvolvimento em vários centros de pesquisa do mundo. No Japão, a Sony trabalha para criar baterias de smartphones com os materiais, enquanto nos Estados Unidos a Sion Power Corporation desenvolve baterias veiculares de lítio-enxofre. Esse também é o objetivo do Projeto Alise, um consórcio europeu formado por 16 empresas, do qual a Oxis Energy faz parte, cujo foco é o desenvolvimento de novos materiais e o entendimento dos processos eletroquímicos envolvidos na tecnologia de enxofre e lítio.

Em 2018, o Brasil produziu apenas 600 toneladas (t) de lítio, volume equivalente a cerca de 0,7% do mercado global. A produção brasileira foi realizada pela Companhia Brasileira de Lítio



Laboratório da Oxis Energy, na Inglaterra, criadora das baterias de lítio-enxofre

Como as baterias de lítio funcionam

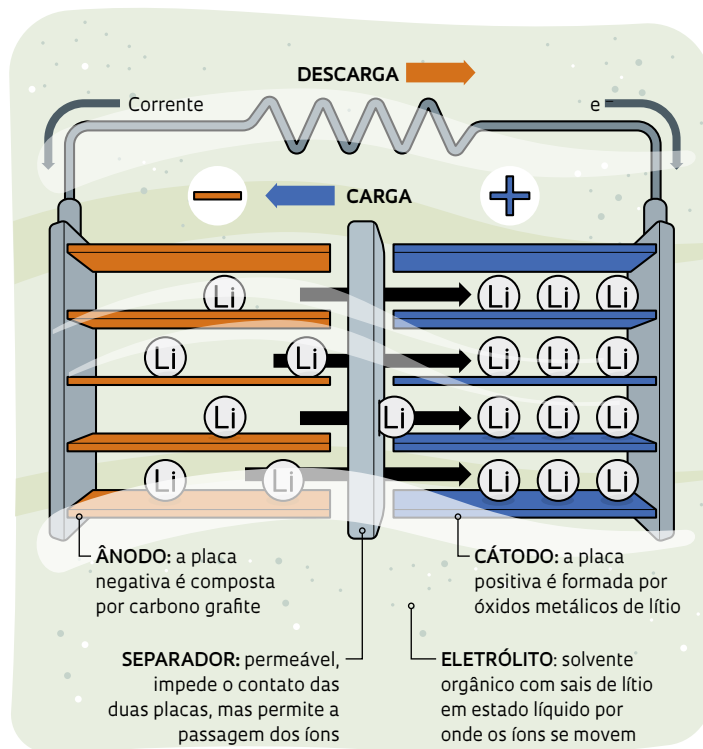
Por serem feitas com um metal leve, elas conseguem armazenar mais energia em menos espaço

① CARGA E DESCARGA

Íons de lítio se deslocam do ânodo para o cátodo, gerando uma corrente elétrica. Na recarga, os íons fazem o movimento inverso, acumulando energia na bateria

② NOVOS MATERIAIS

Para elevar sua densidade energética e capacidade de gerar energia, empresas estudam o uso de outros materiais, como enxofre e óxidos de nióbio e titânio (NTO), na composição das baterias de lítio



FONTE CPQD

(CBL), empresa na qual a Codemge tem participação societária. O Serviço Geológico do Brasil estima que as reservas nacionais, concentradas no Vale do Jequitinhonha, respondam por 8% do minério no mundo, de cerca de 14 milhões de toneladas. Austrália e Chile são os maiores produtores globais de lítio, com, respectivamente, 51 mil t e 16 mil t.

O lítio é um metal leve e de alta densidade energética, ou seja, capaz de concentrar mais energia em um espaço menor quando comparado com as baterias de níquel-cádmio utilizadas nos primeiros celulares e notebooks ou as automotivas convencionais de chumbo-ácido, empregadas para acionar o motor de veículos a combustão (ver Pesquisa FAPESP nº 258). A maioria das baterias de lítio-íon é construída com uma combinação na qual o ânodo (polo negativo) é feito com carbono grafite, enquanto o cátodo (polo positivo) é composto com óxido de lítio e um mix de metais, que inclui níquel, manganês e cobalto. O eletrólito (o meio por onde os átomos de íons se movem entre os polos) é uma mistura de solventes orgânicos e sais de lítio (ver infográfico acima).

Valdirene Peressinotto, coordenadora de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) da Codemge, explica que, por conta dos materiais utilizados e do processo produtivo, essa combinação de materiais apresenta problemas de segurança quando exposta a situações de estresse, como aquecimento acima de 45 °C, curto-circuito e perfuração, um risco que existe em caso de colisão de veículos. A solução de bateria criada pela Oxis Energy prevê o uso de lítio metálico no ânodo, substituindo o carbono grafite, e uma combinação de enxofre e carbono no cátodo. A empresa desenvolveu uma tecnologia própria para o cátodo e o eletrólito. Os testes realizados indicam que essas novas baterias são seguras, operam normalmente em temperaturas que vão de 60 °C negativos a 80 °C positivos e não explodem quando perfuradas ou quando em condição de curto-circuito.

Além da segurança de operação, outra vantagem das baterias de lítio-enxofre é a densidade energética. Enquanto as de lítio-íon concentram no máximo 240 watts-hora por quilo (Wh/kg), as de lítio-enxofre armazenam 450 Wh/kg. Na prática, isso permite construir baterias menores, mais leves, que proporcionam uma maior

O prêmio Nobel de Química deste ano foi dado a três pesquisadores que conduziram pesquisas relacionadas às baterias de lítio

autonomia aos veículos. Um dado importante, observa Peressinotto, é que as de lítio-íon já estão próximas de seu limite teórico de eficiência, enquanto as de lítio- enxofre ainda têm potencial de evolução em relação à densidade energética. “A expectativa da Oxis é de alcançar uma densidade de 550 Wh/kg já em 2020”, informa a coordenadora de PD&I da Codemge.

Com sede em Araxá (MG), a CBMM é a maior produtora global de nióbio (ver Pesquisa FAPESP nº 277). Em 2018, fechou uma parceria com a Toshiba Corporation para criar uma nova bateria de lítio. A proposta do departamento de P&D da Toshiba é substituir o ânodo de carbono por óxidos mistos de nióbio e titânio (NTO), mantendo a configuração tradicional de uma liga de lítio e metal no cátodo. Segundo Rogério Marques Ribas, gerente-executivo de baterias da CBMM, enquanto o ânodo de carbono reage ao lítio e gera estresse estrutural, como um aumento de volume de 13% durante a recarga, o NTO tem comportamento diferente. “Essa diferença permite maior potência e mais velocidade na recarga”, destaca.

Comparando duas baterias com a mesma carga energética, enquanto a versão de lítio-íon demanda quatro horas para ser recarregada, a versão com NTO só precisa de 10 minutos. A bateria NTO também apresenta durabilidade para uso em veículos superior a 15 anos, enquanto o limite já obtido nas de lítio-íon é de cinco a 10 anos. Outra vantagem é que o ânodo de NTO proporciona mais segurança em situação de estresse por aquecimento ou perfuração.

A parceria entre a CBMM e a Toshiba prevê que cada uma das empresas invista US\$ 7,2 milhões em uma fábrica-piloto, que está sendo erguida em Yokohama, no Japão, e produzirá as primeiras unidades para testes dentro de dois anos. “Nossa expectativa é de ter a tecnologia homologada pelos clientes em 2021, o que será o aval para a construção de uma linha de produção em escala industrial”, diz Ribas. Segundo ele, outro projeto de uso de nióbio em baterias é conduzido pela

norte-americana Wildcat Discovery Technologies, em San Diego, na Califórnia. A CBMM também é parceira na empreitada, cujo objetivo é o emprego do nióbio no cátodo. O projeto encontra-se em fase inicial de desenvolvimento.

A busca por melhor desempenho nas baterias recarregáveis para veículos elétricos reflete um esforço mundial iniciado há algumas décadas. Anunciado pela Academia Real Sueca de Ciências em outubro, o prêmio Nobel de Química de 2019 foi conferido ao matemático e físico norte-americano John Bannister Goodenough, ao químico britânico M. Stanley Whittingham e ao químico japonês Akira Yoshino pelos estudos conduzidos por eles nos anos 1970 e 1980 e que levaram ao desenvolvimento e à produção comercial das baterias de lítio-íon modernas (ver página 16).

De acordo com o relatório *Global EV Outlook 2019* publicado pela Agência Internacional de Energia (IEA), os principais trabalhos em desenvolvimento na atualidade envolvem mudanças nas características químicas das baterias, como cátodos construídos com óxido de lítio e uma composição metálica formada com 80% de níquel, 10% de manganês e 10% de cobalto, ao contrário das atuais, que contam com participação igual dos três metais.

Outra linha de desenvolvimento é a de cátodos de lítio com níquel, cobalto e óxido de alumínio, uma solução usada apenas em baterias de pequeno porte. O material mais estudado para a aplicação em ânodos é o compósito de silício-grafite. A indústria automobilística espera que avanços significativos em aumento da densidade de energia e redução de custos sejam obtidos até 2025.

A frota global de carros elétricos (puros e híbridos) ultrapassou 5,1 milhões de veículos em 2018 e a de ônibus alcançou 460 mil unidades, segundo a IEA. A expectativa para 2030 inclui cenários nos quais a frota de automóveis irá variar de 130 milhões a 250 milhões. No Brasil, o número de veículos elétricos e híbridos alcançou 10,6 mil unidades em 2018, segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea). Não há projeções para o mercado brasileiro, mas a expectativa de expansão da frota nacional motiva empresas a produzirem localmente baterias de lítio-íon.

O Grupo Moura, tradicional fabricante de baterias veiculares de chumbo, estabeleceu em sua sede, em Belo Jardim (PE), uma unidade de P&D de baterias de lítio. Ainda em 2019 chega ao mercado uma primeira versão para empilhadeiras. A empresa também fechou parceria com a americana Xalt Energy, detentora de tecnologia de baterias para veículos pesados, com o objetivo de atender, em um primeiro momento, o mercado de ônibus. Um contrato foi fechado com a fabricante paulista Eletra (ver Pesquisa FAPESP nº 283).

Fábrica de baterias veiculares de chumbo da Moura: preparada para produzir as recarregáveis de lítio-íon



Fernando Castelão, diretor da Divisão de Lítio da Moura, informa que a companhia irá adaptar as baterias da Xalt para as condições de uso no Brasil. Uma nova fábrica da Moura inaugurada em 2018 está projetada para produzir o item. Segundo Castelão, as baterias de lítio-íon demandam cuidados especiais de segurança para garantir vedação e proteção adequadas em relação ao contato com água. Necessitam também de um sistema de resfriamento para manter a temperatura correta. “Os veículos no Brasil são submetidos a condições climáticas distintas daquelas dos países do Norte”, destaca o executivo.

Em São Paulo, a Electrocell, empresa abrigada no Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia (Cietec) da Universidade de São Paulo (USP), trabalha no desenvolvimento de baterias de lítio-íon veicular desde 2007, tecnologia oriunda de projeto relacionado a células combustíveis apoiado pelo programa Pipe da FAPESP. A empresa fechou uma parceria com a Brasil VE Superleves, montadora nacional de veículos com chassis supercompactos instalada no Parque Empresarial Anhanguera, em Cajamar (SP), com previsão para iniciar sua atividade industrial em dezembro. A meta é produzir entre 40 e 200 unidades mensais, entre veículos de passeio de dois e quatro lugares, minicaminhões e ônibus de 12 e 24 assentos.

Engenheiro químico com especialização em fabricação de baterias de lítio na Alemanha, o diretor da Electrocell Gerhard Ett destaca que inicialmente a empresa importará as células e fará no país a integração das baterias de lítio. O primeiro lote virá da Alemanha, mas a compa-

nhia também tem contatos comerciais na China, Estados Unidos e Coreia do Sul. “Nossa meta é realizar toda a produção localmente. Já temos o conhecimento técnico necessário e dominamos o processo de fabricação. Só precisamos de escala para iniciar a produção”, afirma Ett, que também é professor do Centro Universitário FEI, em São Bernardo do Campo (SP).

Para o engenheiro mecânico Paulo Henrique de Mello Sant’Ana, do Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do ABC (Cecs-UFABC), o domínio da produção de baterias será estratégico em um futuro de mobilidade elétrica. Segundo ele, é fundamental para o Brasil se posicionar como desenvolvedor de tecnologia e não apenas comprador de produtos prontos. “Ainda não sabemos se iniciativas como a da CBMM e Toshiba ou da Codemge com a Oxis terão viabilidade econômica e capacidade de aumentar o desempenho das baterias de lítio atuais, mas é excelente que brasileiros estejam envolvidos no processo de desenvolvimento”, declara. ■

Projetos

1. Desenvolvimento de compósitos de grafite injetado aplicados em processos químicos (nº 04/09113-3); **Modalidade** Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe); **Pesquisador responsável** Volkmar Ett (Electrocell); **Investimento** R\$ 601.848,93.
2. Desenvolvimento e construção de uma linha de montagem semi-automática para célula a combustível (nº 04/13975-0); **Modalidade** Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe); **Convênio** Finep Pipe-Pappe; **Pesquisador responsável** Gerhard Ett (Electrocell); **Investimento** R\$ 433.815,72.
3. Desenvolvimento de células a combustível integrado com software e hardware de monitoração, diagnóstico, controle e periféricos (nº 00/13120-4); **Modalidade** Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe); **Pesquisador responsável** Gerhard Ett (Electrocell); **Investimento** R\$ 352.705,02.

COLABORAÇÃO ENTRE PLANTA E BACTÉRIA



Raiz de milho sem inoculantes (à esq.) e com o produto que facilita a captação de fósforo

Lançado o primeiro produto nacional formulado com microrganismos para facilitar a absorção de fósforo do solo

Frances Jones

Produtores rurais do país contam desde agosto com uma nova tecnologia que pode reduzir custos de operação e elevar a produtividade das lavouras. Trata-se de um inoculante, produto biológico líquido à base de microrganismos vivos capaz de facilitar a captura, pelas plantas, do fósforo presente no solo. A novidade foi criada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a agritech paranaense Bioma. Com o lançamento do produto comercial, batizado de BiomaPhos, espera-se reduzir a dependência brasileira de fertilizantes químicos fosfatados (ricos em fósforo) importados.

A tecnologia de inoculação já é conhecida dos agricultores brasileiros. Calcula-se que seja adotada em mais de 28 milhões de hectares de soja, cerca de 80% do cultivo nacional. A principal linha desses produtos é composta por bactérias fixadoras de nitrogênio, que permitem a substituição total ou parcial da aplicação de adubos químicos nitrogenados em plantios de soja e feijão (ver reportagem na página 79). O inoculante recém-lançado melhora o aproveitamento do fósforo, outro elemento importante, reduzindo a adubação química. Junto com o nitrogênio (N) e o potássio (K), o fósforo (P) forma a tríade de nutrientes essenciais aos vegetais. Eles são comumente encontrados nos adubos comerciais sob a forma de NPK.

“O BiomaPhos é fruto de uma pesquisa iniciada há 18 anos”, conta a microbiologista Christiane Abreu de Oliveira Paiva, da Embrapa Milho e Sorgo, de Sete Lagoas, em Minas Gerais. Países de clima temperado, como Estados Unidos, Canadá e Argentina, já desenvolveram produtos semelhantes, mas ainda não havia um específico para as condições brasileiras. O esforço da Embrapa em criar um inoculante específico para a agricultura nacional se deve ao fato de que a importação de inoculantes estrangeiros nem sempre surte bons resultados pelas diferenças entre clima e solo brasileiros e dos países produtores. Além disso, por ser um país tropical, o fósforo se encontra presente no solo do país associado a elementos químicos nem sempre encontrados em nações de clima temperado.

Paiva e colegas da Embrapa isolaram inicialmente 450 microrganismos capazes de tornar disponível o fósforo encontrado em argilas e na matéria orgânica presente no solo. “Dos 450, chegamos aos 15 melhores, e os testamos em sorgo, milho e outras plantas. Depois, escolhemos as cinco bactérias mais produtivas e fizemos ensaios no campo”, relata a pesquisadora. Com a comprovação do aumento da produtividade, a Embrapa firmou um acordo com a Bioma para produção do inoculante. Duas bactérias – *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* – foram selecionadas para o BiomaPhos.

O inoculante obteve inicialmente registro para uso na cultura do milho, em que, segundo a Embrapa, proporciona ganho de produtividade de 7 a 10 sacas por hectare. “O produto melhorou o aproveitamento do fósforo e deu estabilidade produtiva ao conferir à planta maior tolerância ao estresse hídrico”, diz o engenheiro-agrônomo Luís Eduardo Curioletti, diretor da estação experimental da empresa gaúcha Agrum Agrotecnologias Integradas, que participou da validação do produto.

“Estamos surpresos com a aceitação do produto, pois a tecnologia acabou de ir ao mercado”, conta Paiva. Ela explica que os bacilos dos inoculantes interagem com o fósforo existente no solo ou nos adubos químicos. “Ácidos e enzimas liberadas pelas bactérias quebram as moléculas de fósforo que, embora presentes no solo, estão indisponíveis para as plantas”, diz a pesquisadora da Embrapa. Isso porque o fósforo não se encontra livre na natureza; normalmente, ele está associado a átomos de oxigênio, formando compostos chamados fosfatos.

“As bactérias são solubilizadores de fosfato”, complementa a agrônoma Maria Catarina Megumi Kasuya, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Minas Gerais. “Elas pegam, por exemplo, o fosfato de rochas e o tornam solúvel para que a planta e o próprio microrganismo possam utilizar o fósforo presente nele.” Como, em geral, o solo brasileiro é pobre em fosfato, esse tipo de inoculante não dispensa o emprego de fertilizante fosfatado, mas permite o uso de menores quantidades.

USO NA SOJICULTURA

Segundo a Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes (Anpii), mais de 73 milhões de doses de inoculantes – 87% para soja – foram vendidos no Brasil em 2018, um crescimento de 12% em relação ao ano anterior. “Isso se deve ao aumento do nível de conscientização do produtor quanto aos seus benefícios”, ressalta José Roberto Pereira de Castro, presidente da Anpii. “Tivemos uma evolução importante nas últimas duas safras, passando de 70% da área de soja tratada para 82%. Podemos chegar aos 100%.”

Comercializados na forma líquida ou sólida – em turfa (substrato formado por espécies vegetais decompostas) –, os inoculantes são misturados às sementes na fazenda no dia do plantio. A dosagem varia conforme a semente – para a soja, são necessários 100 ml (na forma líquida) ou 100 gramas (composição sólida) para cada 50 quilos de semente. Cerca de 10% dos produtores brasileiros preferiram, em 2018, colocar o produto no sulco de plantio, para evitar que os agrotóxicos também aplicados às sementes matassem as bactérias.

Os efeitos da inoculação

Saiba como agem as bactérias inoculadas em sementes de soja

Além de serem mais baratos do que os fertilizantes sintéticos, os inoculantes não causam danos ao ambiente. Os adubos químicos transformam-se rapidamente em nitrato ou fosfato quando colocados no solo, ficando indisponíveis para as plantas. Como o nitrato é muito solúvel, quando chove ele é levado pela água, contaminando rios e lagos. Os fertilizantes nitrogenados também podem emitir óxido nitroso, gás causador do efeito estufa. Esses problemas não ocorrem na fixação biológica do nitrogênio. As bactérias capturam o nitrogênio disponível do ar (N_2) e o transferem para a planta, atendendo à sua necessidade desse elemento químico.

OUTRAS BACTÉRIAS

Em São Paulo, pesquisadores estudam formulações com bactérias de outros gêneros que também reduzam a dependência dos adubos químicos. A startup C&L Biotech, de Piracicaba, desenvolveu com auxílio do programa Pipe da FAPESP uma formulação de um possível inoculante com um conjunto de bactérias de vida livre, ou seja, que não vivem em simbiose com a planta, capaz de diminuir em mais de 50% o uso de fertilizantes nitrogenados solúveis na cultura de cana-de-açúcar (ver Pesquisa FAPESP nº 148). Segundo a engenheira-agrônoma Alice de Sousa Cassetari, diretora científica da startup, a inovação já foi validada com sucesso em ambiente controlado e futuramente será testada em campo.

A empresa Biodiversita, de Jaguariúna, também pesquisa com apoio Pipe-FAPESP um conjunto de bactérias oriundas de diversos biomas nacionais, que estão sendo testadas como inoculantes. Outra linha de pesquisa busca adaptar uma tecnologia usada na Ásia para cultivos agrícolas, aproveitando a relação benéfica entre um microrganismo e uma planta aquática. Como resultado, biomassa com elevado teor de nitrogênio poderá ser empregada como biofertilizante. “É uma tentativa de reduzir a utilização de fertilizantes nitrogenados sintéticos e a importação desse insumo”, destaca o microbiologista Diego Bonaldo Genuário, sócio da Biodiversita. ■

Projetos

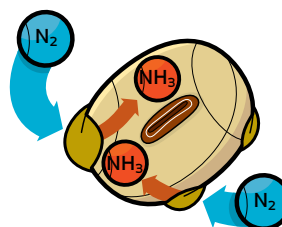
1. Desenvolvimento de formulações para inoculante inovador para cana-de-açúcar contendo bactérias diazotróficas de vida livre (nº 16/08192-4) **Modalidade** Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) **Pesquisadora responsável** Alice de Sousa Cassetari (C&L Biotech). **Investimento** R\$ 167.293,64.
2. Desenvolvimento de biofertilizante nitrogenado a partir de biomassa da associação simbiótica *Azolla/Anabaena* para uso como insumo agrícola (nº 19/15612-8) **Modalidade** Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) **Pesquisador responsável** Diego Bonaldo Genuário (Biodiversita); **Investimento** R\$ 75.397,50.

① INOCULAÇÃO E PLANTIO



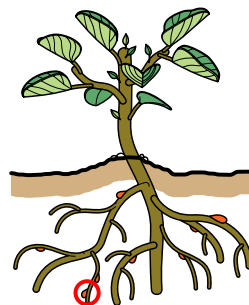
O inoculante líquido ou em turfa (substrato) é misturado às sementes, que levam consigo para o solo milhares de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. O produto também pode ser colocado no sulco do plantio

② PRODUÇÃO DE AMÔNIA



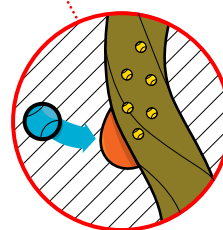
Os microrganismos presentes nas sementes capturam o nitrogênio do ar (N_2) e, por meio de reações químicas, sintetizam amônia (NH_3)

③ INVASÃO DAS RAÍZES



Com o início da germinação, as bactérias invadem as raízes da planta. Um processo de múltiplas etapas resulta no surgimento de nódulos nas raízes, onde elas se alojam

④ FIXAÇÃO DO NITROGÊNIO



A amônia presente nos nódulos é transformada em íons amônio, formando compostos nitrogenados, como aminoácidos, que são assimilados pela planta. O processo supre a demanda de nitrogênio pela soja

FONTE: FIXAÇÃO BIOLÓGICA NO BRASIL É EXEMPLO DE SUCESSO, DE MARIANGELA HUNGRIA DA CUNHA E RUBENS JOSÉ CAMPO (EMBRAPA)

OS PRIMEIROS INOCULANTES

Produtos feitos com bactérias que captam nitrogênio na lavoura de soja remontam aos anos 1960

O sucesso comercial alcançado pela soja brasileira se deve, em boa medida, às pesquisas sobre fixação biológica de nitrogênio (FBN) iniciadas no país nos anos 1950 com os trabalhos pioneiros dos agrônomos Johanna Döbereiner (1924-2000) e Ruy Jardim Freire (1923-2015). Integrante do quadro de cientistas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Döbereiner enfrentou resistências com sua tese favorável à FBN porque naquela época o padrão era o emprego massivo de adubos nitrogenados na sojicultura (ver Pesquisa FAPESP nºs 58 e 88).

Na década seguinte, inoculantes – produtos à base de bactérias capazes de absorver o nitrogênio do ar e transferi-lo para as raízes da planta, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos nitrogenados – começaram a ser usados em larga escala na cultura da soja. Isso foi resultado do trabalho da Embrapa em selecionar estirpes de bactérias do gênero *Rhizobium* (popularmente conhecidas como rizóbios) adaptadas às condições de solo, clima e aos genótipos de soja brasileiros (ver Pesquisa FAPESP nº 85). As pesquisas relacionadas à fixação biológica de nitrogênio e ao desenvolvimento de inoculantes para a soja foram divulgadas em diversas ocasiões por Pesquisa FAPESP nos últimos 20 anos.

Desde aquela época, novas tecnologias de aplicação de microrganismos vêm sendo desenvolvidas de tal forma que a simbiose com a soja chega a dispensar totalmente o uso de fertilizante nitrogenado. Para especialistas, a competitividade da soja cultivada no Brasil se deve ao uso de inoculantes eficientes. “Sem os inoculantes e a fixação biológica, a cultura da soja não seria economicamente viável no país”, destaca a engenharia-agrônoma Mariângela Hungria, da Embrapa Soja, em Londrina (PR).

A partir dos anos 2000, uma nova classe de microrganismos, formada por bactérias promotoras do crescimento de plantas, passou a ser fornecida como inoculante pela Embrapa Soja. A mais utilizada é a bactéria *Azospirillum brasilense*, que também é capaz de realizar a fixação biológica de nitrogênio, embora não no mesmo nível de *Bradyrhizobium*. O principal mecanismo de promoção do crescimento

das plantas de *Azospirillum* consiste em produzir fito-hormônios. “Às vezes, as plantas ficam com o dobro da quantidade de raízes”, conta Hungria. “Com isso, absorvem mais água, nutrientes do solo e até aproveitam melhor os fertilizantes.”

Em um experimento recente da Embrapa no Amazonas, cientistas observaram que a inoculação apenas da bactéria *A. brasilense* em sementes de milho permitiu uma economia de 20 quilos de nitrogênio por hectare e o dobro do rendimento da média da cultura no estado. “Por conta do frete, os fertilizantes chegam à região com um preço alto. Daí a importância de alternativas ao uso de insumos químicos”, diz o agrônomo Inocencio Junior Oliveira, da Embrapa Amazônia Ocidental.

COINOCULAÇÃO

Em 2014, a Embrapa lançou a tecnologia da coino-culação, com os dois tipos de bactérias, que podem ser aplicadas ao mesmo tempo, antes da semeadura. Ao usar os dois microrganismos, o produtor de soja tem um aumento no rendimento médio de 16%, segundo a Embrapa, comparando-se ao uso apenas de *Bradyrhizobium*. A tecnologia da coino-culação foi adotada pelo produtor rural Eduardo Sampaio Moreira Piegas, de Mococa (SP), que utiliza o produto há cerca de 20 anos. “Nunca plantei soja sem inoculante. Utilizo bem menos nitrogênio do que o indicado”, relata.

O uso crescente de inoculantes tem elevado a produtividade da lavoura, mas também impõe desafios. Entre eles, o de compatibilizar o emprego conjunto das bactérias com os agrotóxicos que são aplicados às sementes – muitas vezes, os pesticidas aniquilam os microrganismos benéficos às plantas. Outro problema é a produção caseira de inoculantes. “É algo seríssimo. Muita gente tenta fabricar produtos biológicos na própria fazenda”, ressalta Mariângela Hungria. “Inoculantes caseiros que analisamos continham de tudo, menos as bactérias que gostaríamos que tivessem. Em alguns, achamos patógenos, como as bactérias *Klebsiella* e *Staphylococcus*. Esses inoculantes podem causar doenças em plantas, pessoas e animais”, adverte a pesquisadora da Embrapa Soja. ■ Frances Jones

Reportagens de Pesquisa FAPESP, como a da edição nº 85, falaram sobre os produtos à base de bactérias



HUMANIDADES EDUCAÇÃO ▲

CONHECIMENTO EXPANDIDO

Presença das primeiras gerações de indígenas na pós-graduação amplia escopo de investigações científicas

Christina Queiroz



Mais de 170 anos após a criação da primeira instituição de ensino superior no Brasil, no final da década de 1980 os primeiros indígenas começaram a ingressar em cursos de graduação nas universidades brasileiras. Essa presença se intensificou a partir deste século, quando foram defendidas as primeiras teses de doutorado. Hoje, é um fenômeno em ascensão, caracterizado pelo desenvolvimento de pesquisas que permitem a proposição de novas questões para diferentes campos do saber, que vão de estudos etnográficos à educação, passando por análises sobre agroecologia e sustentabilidade.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), há cerca de 900 mil indígenas de 300 etnias no país, que são falantes de 170 línguas (*ver Pesquisa FAPESP nº 273*). Carlos José Ferreira dos Santos, ou Casé Angatu, professor das instituições baianas Universidade Estadual de Santa Cruz (Uesc) e Universidade Federal Sul Bahia (UFSB), explica que a entrada no ensino superior se tornou possível a partir da reorganização do movimento indígena nos anos 1970, que passou a se articular politicamente. Em 1988, com a promulgação da Constituição Federal, foram reconhecidos os direitos de populações originárias em relação aos lugares tradicionalmente habitados por elas, à manutenção de seus modos de vida, tradições e línguas. Também delegou-se à União a responsabilidade pela demarcação de suas terras.

Tema de pesquisas acadêmicas, a degradação do meio ambiente é abordada na obra do artista Denilson Baniwa



Depois de prontas, peças produzidas em disciplina sobre saberes tradicionais, na Universidade Federal de Minas Gerais, são queimadas conforme a tradição Xakriabá

Gersem dos Santos Luciano, do Departamento de Educação Escolar Indígena da Universidade Federal do Amazonas (Ufam), faz parte da geração de pioneiros a ingressar no ensino superior. Oriundo do povo Baniwa, de São Gabriel da Cachoeira, no Amazonas, Luciano graduou-se em filosofia na Ufam, em 1995. Em 2006, defendeu mestrado em antropologia social, com dissertação sobre desenvolvimento sustentável, na Universidade de Brasília (UnB), instituição onde, cinco anos depois, concluiu o doutorado sobre educação escolar. “A primeira geração de pesquisadores indígenas a entrar nas universidades cresceu escutando que seus povos deixariam de existir. E isso nos motivou a elaborar estudos sobre culturas, tradições e conhecimentos próprios, como forma de reafirmar nossa identidade”, explica.

Luciano conta que a chegada dos primeiros indígenas na pós-graduação levou a uma situação inusitada, na sua percepção. “Os antropólogos brancos passaram séculos elaborando afirmações sobre nossos modos de vida e, de repente, se depararam conosco nas universidades. Para nós foi uma oportunidade de contestar certas visões sobre nossas tradições, em um momento caracterizado por uma postura de estranhamento de ambos os lados”, recorda. Superada essa primeira etapa, Luciano avalia que, hoje, a relação se caracteriza pelo aspecto colaborativo e as equipes de investigação procuram contar com pesquisadores indígenas e não indígenas. “Antes, todos os doutores eram brancos. Atualmente há vários indígenas doutores, o que permite mudar a qualidade do diálogo.” Para ele, essa mudança já gera impactos na produção científica de diferentes áreas, como antropologia e história. “Nós também passamos a definir o que é prioritário como tema de pesquisa.”

A entrada de indígenas no sistema universitário se beneficiou igualmente da disseminação de estudos pós-coloniais, que permitiram romper com a ideia da existência de uma narrativa histórica única e passaram a valorizar os saberes de habitantes nativos. Carlos José Ferreira dos Santos, da Uesc, explica que antropólogos como Darcy Ribeiro (1922-1997), Manoela Carneiro da Cunha, da Universidade de São Paulo (USP), João Pacheco de Oliveira, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e Eduardo Viveiros de Castro (Museu Nacional-UFRJ) colaboraram para trazer para o Brasil o pensamento de teóricos pós-coloniais, como o sociólogo jamaicano Stuart Hall (1932-2014) e o crítico indobritânico Homi K. Bhabha, abrindo espaço para que os indígenas se tornassem sujeitos – e não apenas objeto – de pesquisas científicas.

Morador do território tupinambá Olivença, na aldeia Taba Gwarini Atã, em Ilhéus, na Bahia, Santos graduou-se em história na Universidade Estadual Paulista (Unesp), em 1989. No mesmo ano, ingressou no mestrado na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), com dissertação finalizada em 1995 e publicada em livro sob o título *Nem tudo era italiano – São Paulo e pobreza (1890-1915)* (Annablume, 1998). “Nesse trabalho, procuro retratar a cidade da perspectiva de indígenas, caboclos e caipiras”, conta. Já no doutorado, defendido há 15 anos na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) da USP, Santos mapeou a população indígena de duas comunidades em Guarulhos, na Grande São Paulo.

Publicado em 2016 na revista francesa *Brésil(s) – Sciences humaines et sociales*, o artigo “Ethnologie brésilienne. Les voies d’une anthropologie indigène-

ne” assinado, entre outros pesquisadores, por Dominique Tilkin Gallois, do Departamento de Antropologia da USP, avança na reflexão ao propor conceitos como “ecumenismo antropológico”, “antropologia transepistêmica” ou “autoetnografias” para explicar as características de pesquisas produzidas por indígenas na antropologia, um dos campos pioneiros a registrar a entrada desses estudiosos. Por meio desses conceitos, o texto defende que tais autores conseguem estabelecer diálogos inusitados entre os saberes tradicionais e os conhecimentos adquiridos no âmbito das universidades.

Considerado por Viveiros de Castro como a “primeira tentativa sistêmica de antropologia simétrica ou contra-antropologia”, um livro que se tornou exemplar para ilustrar essas novas possibilidades de produção de conhecimento é *A queda do céu* (Companhia das Letras, 2015), escrito pelo xamã e líder yanomami Davi Kopenawa e o antropólogo francês Bruce Albert. Publicada originalmente em 2010, na coleção francesa *Terre Humaine*, a obra retrata a sociedade, a história e a cultura yanomami a partir de relatos de Kopenawa feitos a Albert durante mais de 30 anos.

A compilação de histórias mítico-cosmológicas é uma tendência que marca pesquisas recentes conduzidas por indígenas. Outro exemplo desse movimento é o trabalho do antropólogo Gabriel Sodré Maia, do povo Tukano, do Alto Rio Negro, em região da Amazônia onde convivem cerca de 20 grupos indígenas. Desenvolvida na Ufam, sua dissertação explica um conjunto de rituais e cerimônias que fazem parte da cultura de seu povo, sistematizando

conhecimento até então transmitido apenas oralmente. Na pesquisa de doutorado, atualmente em curso na mesma instituição, Maia estuda como as frutas são coletadas, preparadas, processadas, conservadas e consumidas pelos Tukano.

Do mesmo modo, o trabalho de evidenciar o conhecimento indígena no universo acadêmico permeia a trajetória da bióloga Raquel Sousa Chaves, do povo Tupinambá, do Baixo Tapajós, no Pará. Durante o mestrado em ciências biológicas desenvolvido no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), ela se valeu da experiência com o manejo da mandioca, principal cultura de grupos que vivem na região do Baixo Tapajós, para analisar como características dos solos influenciam o cultivo do alimento. Em sua pesquisa, estudou roças em comunidades ribeirinhas, diferentes tipos de solo e o quanto cada produção era destinada para o mercado ou consumida pela própria comunidade. “Agricultores locais que cultivam mandioca priorizando questões mercadológicas atuam com um número reduzido de variedades, o que acaba levando à perda de diversidade genética. Já aqueles que trabalham com o alimento para o autoconsumo colaboram para a manutenção da agrobiodiversidade, na medida em que investem em múltiplas variedades”, constata Chaves, que atualmente faz doutorado em antropologia na UnB.

Após o mestrado, Chaves recorreu a uma associação local para organizar a produção agrícola de sua comunidade, em parceria com a irmã, Mariane Sousa Chaves, que fez mestrado em agroecologia na UFPA.



Criada por coletivo indígena da Universidade Federal do Acre, obra retrata rituais com ayahuasca

ecologia. Desde 2018, o grupo está produzindo e comercializando dois novos produtos: uma bebida fermentada, chamada mani-oara, e um tempero, denominado manibé, ambos feitos com mandioca. “Com o conhecimento sistematizado na pós-graduação, conseguimos colocar no mercado produtos elaborados tradicionalmente”, conta.

EDUCAÇÃO DE BASE

Além de estudos relacionados com a cultura e as tradições originais, outro campo de atuação desses pesquisadores envolve a educação escolar. Logo após concluir a graduação, durante dois anos, entre 1997 e 1999, Luciano, da Ufam, ocupou o cargo de secretário de Educação de São Gabriel da Cachoeira, município onde cerca de 80% da população é indígena, de etnias como Baniwa, Karapanã, Kuri-pako, Tukano e Tuyuka. “Até meados dos anos 1980, as escolas da região proibiam que alunos indígenas falassem suas línguas e praticassem costumes tradicionais. Nos anos em que fui secretário, mudamos o arcabouço legal, de maneira que as instituições passaram a incluir esses conhecimentos na grade curricular”, destaca Luciano, coordenador da área de educação indígena do Ministério da Educação (MEC) entre 2008 e 2012.

A incorporação de saberes tradicionais na escola também foi um dos resultados obtidos por Eliane Boroponepa Monzilar como parte de sua pesquisa de doutorado, defendida neste ano. Graduada em ciências sociais em 2005 pela Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat), Monzilar elaborou uma tese com capítulos autobiográficos, em que descreve seu processo de escolarização, desde o ensino fundamental até a pós-graduação, analisa o desenvolvimento da educação escolar indígena no Brasil e traça um panorama etnográfico e histórico do povo Balatiponé-Umutina, que

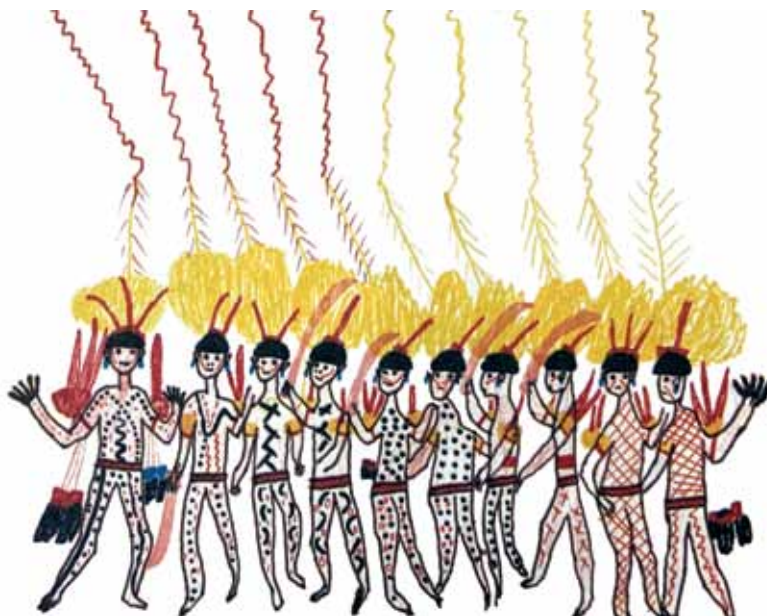
vive em Mato Grosso. Em sua reflexão, Monzilar lembra que em 1945 o etnógrafo e fotógrafo gaúcho Harald Schultz (1909-1966) estimou no livro *Vinte e três índios resistem à civilização* (Melhoramentos, 1953) em pouco mais de 20 pessoas a população Balatiponé-Umutina. O relato levou antropólogos e sociólogos a prever a extinção desse povo e de sua cultura. “Nos anos 1990, quando os primeiros indígenas se tornaram professores da educação básica e começaram a incluir conhecimentos tradicionais no currículo escolar, nossas tradições recobram vida”, afirma.

A educadora observa que há 600 pessoas na aldeia Balatiponé-Umutina hoje, a maioria crianças e jovens, reunindo não apenas indígenas da própria etnia, como também dos povos Paresi, Nambikwara, Bororo, Bakairi, Irantxe, Kayabi, Terena e Chiquitano. Monzilar, que fez parte de seu doutorado em instituições no Suriname e na Colômbia, com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (Fapemat), é professora da escola de educação indígena da aldeia, que atende 120 alunos, do ensino fundamental ao médio. “A partir do universo do trabalho na roça, fazemos correlações com ensinamentos da matemática, por exemplo. E em visitas a lugares sagrados na floresta conhecemos as árvores que integram o ecossistema da região.”

Ao estabelecer diálogos entre conhecimentos tradicionais e acadêmicos, pesquisadores indígenas têm ampliado o escopo de reflexão sobre assuntos historicamente investigados nas universidades. É o caso de Francisco Apurinã, graduado em administração e morador da terra indígena de Camicuiã, localizada entre o Amazonas e o Acre. No mestrado em sustentabilidade, realizado na

Pesquisas sobre a própria tradição permitem reafirmar a identidade dos povos originários

Desenho feito por Davi Kopenawa está em livro publicado em coautoria com antropólogo francês





UnB, ele analisou os impactos do licenciamento ambiental para a construção de duas rodovias que cortam terras indígenas no Acre, inclusive sobre os costumes tradicionais das populações nativas. Já no doutorado, concluído na mesma instituição, estudou os impactos do licenciamento ambiental, mas a partir de perspectivas etnográficas e espirituais. “As terras do povo Apurinã são cortadas ao meio pela BR-317 e analiso as consequências desse empreendimento nos lugares sagrados”, explica.

Dedicada a pesquisar os impactos de grandes empreendimentos na saúde de comunidades indígenas, a enfermeira Rayanne Cristine Máximo França, mestranda no programa de Desenvolvimento, Sociedade e Cooperação Internacional e pesquisadora do Laboratório de Saúde do Trabalhador e Saúde Indígena, da UnB, trabalha com um conceito ampliado de saúde, que contempla a ideia de “injustiça ambiental”. “Esse conceito começou a ser utilizado há cerca de 15 anos e considera a relação vital dos indígenas com a terra em que vivem”, diz França, da etnia Baré, do Amazonas. Com isso, ela pretende analisar casos de injustiça ambiental, a exemplo de estudo ainda inédito da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), segundo o qual 56% da população yanomami apresenta contaminação por mercúrio acima do limite considerado razoável pela Organização Mundial da Saúde (OMS). A contaminação pode estar relacionada ao aumento dos garimpos ilegais na região, que utiliza o metal no processo de extração do ouro. “Pretendo pesquisar como problemas ambientais afetam a saúde dos povos indígenas”, informa.

Países como Canadá e Austrália também discutem a melhor maneira de integrar saberes tra-

dicionais a estudos acadêmicos em áreas como medicina e preservação ambiental, informa reportagem da *Times Higher Education*, publicada em junho deste ano. Na Colômbia, a Universidad de Antioquia dispõe de um programa de formação de professores indígenas, a licenciatura Pedagogía de la Madre Tierra, que oferece disciplinas como saberes e práticas ancestrais, assuntos jurídicos sobre a saúde e perspectivas interculturais.

No Brasil, Luciano, da Ufam, avalia que nos últimos 20 anos os estudos de populações originárias, desenvolvidos em torno de seus próprios universos, têm contribuído não apenas para o resgate de identidades e a valorização de saberes tradicionais, mas também para ampliar o portfólio temático de investigações acadêmicas. Por outro lado, sua condição de integrante do povo Baniwa o faz considerar indispensável que as comunidades nativas entendam melhor o universo ocidental, inclusive para poder elaborar estratégias de atuação em realidades políticas adversas. “Em um próximo momento, nossas pesquisas deverão envolver esforços para ampliar o conhecimento desse outro contexto”, conclui. ■

Trabalho de Sallisa Rosa, artista de origem indígena nascida em Goiânia (GO), mostra facão como símbolo de resistência e sobrevivência

Artigo científico

CHAVES, R. S. The influence of soil quality and market orientation on manioc (*Manihot esculenta*) varietal choice by smallholder farmers along the lower Tapajós River, Pará, Brazil. *Human Ecology*. v. 46, n. 2, p. 229-39. abr. 2018.

Livros

MAIA, G. S. *Bahsamori: O tempo, as estações e as etiquetas sociais dos Ye'pamahsã*. Manaus: Universidade Federal do Amazonas (Ufam) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (Fapeam), 2019, 348 p.
KOPENAWA, D. e ALBERT, B. *A queda do céu*. São Paulo: Companhia das Letras, 2015, 769 p.

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

PESQUISA FAPESP 20 ANOS



Desconstruindo mitos

Revista acompanhou desenvolvimento de investigação pioneira sobre as relações entre Executivo e Legislativo no Brasil

Glenda Mezarobba

A formação de coalizões, em geral majoritárias, tem sido a maneira predominante de governar no Brasil. Ainda que eleito para exercer um mandato independente e com a possibilidade de nomear livremente seus ministros, não é na figura do presidente que se baseia a força do presidencialismo de coalizão, mas nos poderes que tornam o ocupante do Palácio do Planalto capaz de influenciar o processo de definição das políticas públicas. “A base institucional no presidencialismo de coalizão a partir de 1988 são os poderes de definir a agenda legislativa, conferida pelo texto constitucional, complementada pela centralização do processo decisório no interior do Congresso.” A conclusão é dos cientistas políticos Argelina Cheibub Figueiredo e Fernando Limongi e está em reflexão publicada recentemente na *Dados – Revista de Ciências Sociais*. Segundo eles, no Brasil os governantes não têm como escapar do que classificam como imperativo: “Se pretendem aprovar leis e alterar as políticas vigentes, presidentes serão forçados a buscar apoio dos partidos no Legislativo.” Desde o início da década de 1990 os dois se revezam na coordenação de uma equipe de pesquisadores que investiga as relações entre Executivo e Legislativo federais. Em dezembro de 1999, os primeiros resultados dessa pesquisa foram objeto de reportagem de capa da revista (ver Pesquisa FAPESP nº 49).

A ideia de investigar as relações entre os dois poderes foi do cientista político argentino Guillermo O'Donnell (1936-2011), a partir de interesse manifestado pela The Andrew W. Mellon Foundation em financiar pesquisa científica, no Brasil, sobre o Congresso Nacional. “Quando ingressei no Cebrap [Centro Brasileiro de Análise e Planejamento], em 1990, ele estava lá e me pediu para preparar um pré-projeto. No Brasil havia pouca coisa sobre o Congresso, visto então como uma espécie de reino do parlamentar individual e tomado como um ator único. Todos os trabalhos tratavam de comportamento parlamentar e pensavam o objeto a partir da legislação eleitoral”, recorda Figueiredo, atualmente professora do Instituto de Estudos Sociais e Políticos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Iesp-Uerj).

Batizada por O'Donnell de *Terra incognita – Funcionamento e estrutura do*

Congresso Nacional, mas sem a participação do argentino, a pesquisa começou a ser desenvolvida em 1991 e recebeu US\$ 200 mil dólares da instituição norte-americana. A ênfase foi dada à atuação da Câmara dos Deputados. “Decidimos coletar toda informação sobre a tramitação da legislação de 1988 em diante. Nossa diretriz era não usar como fonte o que os deputados falavam, mas o que faziam”, conta Figueiredo. Por essa razão, foram poucas as entrevistas – apenas alguns líderes da Câmara, que tiveram papel relevante na elaboração do regimento interno, foram ouvidos.

Naquela época, pesquisar no Congresso Nacional não era tarefa simples. No começo, os funcionários do setor de documentação da Câmara faziam a busca, nos termos indicados pela equipe, enviavam o material impresso para São Paulo e, no Cebrap, os pesquisadores sistematizavam as informações em planilhas. Com a chegada de Limongi, professor da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP), em 1993, as votações nominais passaram a integrar o escopo da investigação, tornando imprescindível fotocopiar milhares de páginas dos diários do Congresso, para mapear a atuação de cada um dos deputados. A descoberta de tópicos até então ignorados do processo, como abstenção e orientação do líder, por exemplo, rendeu idas extras a Brasília, para a coleta de dados. “Com a pesquisa, caímos no centro do debate institucional brasileiro, que se seguiu à redemocratização: se o presidencialismo funcionava ou não”, lembra Limongi, atualmente professor na Escola de Economia de São Paulo, na Fundação Getúlio Vargas (FGV-EESP). Na academia, a opinião corrente era de que o regime político não funcionaria.

Entre os estudiosos do tema, como os cientistas políticos norte-americanos Barry Ames e Scott Mainwaring e o sociólogo espanhol Juan Linz (1926-2013), permanecia a visão de 1964: eminentemente conservador, no Brasil o Legislativo constituiria um obstáculo à ação do Executivo. O problema seria de governabilidade. “Predominava a ideia do Congresso como um chantageador do Executivo”, informa Figueiredo. “Linz, por exemplo, dizia que como os presidentes podiam escolher seus ministros não teriam incentivos para fazer coa-

Registro do Congresso Nacional feito pelo fotógrafo Marcel Gautherot (1910-1996), por volta de 1960

lização.” O cientista político Regis Stephan de Castro Andrade (1938-2002), da FFLCH-USP, foi um dos primeiros a mudar o foco das investigações. Ao analisar o poder das comissões, começou a prestar atenção nas inovações trazidas pela Constituição recém-aprovada. A pesquisa coordenada por Figueiredo e Limongi acabaria por demonstrar que a atual relação entre o Executivo e o Legislativo deriva do texto constitucional.

DISCIPLINA PARTIDÁRIA

Sem uma hipótese propriamente dita, a preocupação inicial dos estudiosos era entender o funcionamento do sistema político brasileiro e qual o papel desempenhado pelo Legislativo. Decidiram acompanhar o trâmite de propostas do governo. “Se o Executivo não consegue aprovar suas medidas porque supostamente o Legislativo não coopera e barra, vamos olhar as propostas de lei do Executivo e ver o que acontece”, propôs Limongi. A percepção geral era a de que o individualismo imperava no Congresso e que não haveria disciplina entre os partidos políticos.

“Eu não tinha expectativa de que fosse diferente, até as primeiras estatísticas indicarem a existência de disciplina partidária. Foi surpreendente”, relata. Desde 1989, o percentual de deputados da base do governo que votou de acordo com a indicação do líder do governo tem sido superior a 80% (ver gráfico na página 90). Durante a pesquisa, também veio a constatação de que os regimentos internos da Câmara e do Senado favorecem as legendas políticas. “No plano institu-

cional, os partidos são atores políticos privilegiados”, completa (ver Pesquisa FAPESP nº 114).

A comparação entre os textos constitucionais evidenciou que todas as reformas feitas pelos militares, para reforçar o poder Executivo, foram mantidas na Constituição atualmente em vigor – o instrumento da medida provisória (MP), por exemplo, é uma adaptação do decreto-lei ao regime democrático. Diferentemente do que assegurava a Constituição de 1946, de acordo com Figueiredo e Limongi, o modelo político implantado no Brasil a partir de 1988 combina “regras de difusão de poder no sistema de representação e de concentração de poder no sistema de tomada de decisões de governo”. “O presidente segue sendo o principal legislador do país, detém o controle do orçamento, da burocracia e pode editar medidas provisórias”, resume Limongi. Segundo ele, trata-se de tendência observada nas constituições democráticas aprovadas depois da Segunda Guerra Mundial. “Tal característica, com o parlamento racionalizado, não está em desacordo com a teoria constitucional moderna. Se eu fosse escrever um texto constitucional, escreveria dessa mesma forma”, diz.

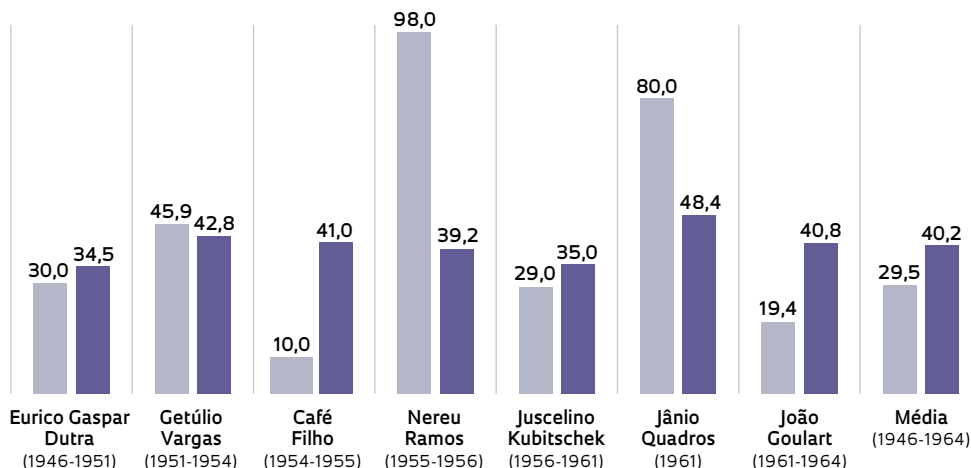
Isso reflete, por exemplo, no padrão de sucesso e de dominância do Executivo na aprovação da legislação nacional, muito semelhante ao observado em governos parlamentaristas. O padrão de sucesso do Executivo diz respeito ao percentual de projetos propostos pelo presidente da República que se torna lei. A dominância, por sua vez, está re-

O presidente segue sendo o principal legislador do país, detém o controle do orçamento, da burocracia e pode editar medidas provisórias, explica Limongi

O Executivo legislando na democracia

■ **Sucesso do Executivo:** percentual de projetos propostos pelo Executivo que se tornaram lei

■ **Dominância:** percentual do total de leis aprovadas que foram encaminhadas pelo Executivo



FONTE: BANCO DE DADOS DO LEGISLATIVO DO CEBRAP

lacionada ao percentual do total de leis aprovadas que foram encaminhadas por ele. Desde a redemocratização, a média tem sido de 77,3% e 83,5%, respectivamente (*ver gráfico nesta página e na anterior*). “No desenvolvimento das nossas pesquisas, identificamos que as bases institucionais do presidencialismo de coalizão estão no poder legislativo do presidente, que tem mecanismos constitucionais para controlar a agenda do Congresso”, explica Figueiredo.

O PODER DA AGENDA

À medida que foram avançando na compreensão do funcionamento do Legislativo, Figueiredo e Limongi acabaram por desconstruir o preceito dominante na literatura, inclusive internacional, envolvendo acordos políticos e alianças interpartidárias. “A literatura dizia que presidentes não formariam coalizão para governar. Isso era muito forte, mas com nossos achados começamos a destruir esse mito”, diz Limongi (*ver Pesquisa FAPESP Edição Especial FAPESP 50 anos*). “O estágio atual das pesquisas nos permite dizer que hoje, do ponto de vista institucional, o presidencialismo de coalizão funciona no Brasil.”

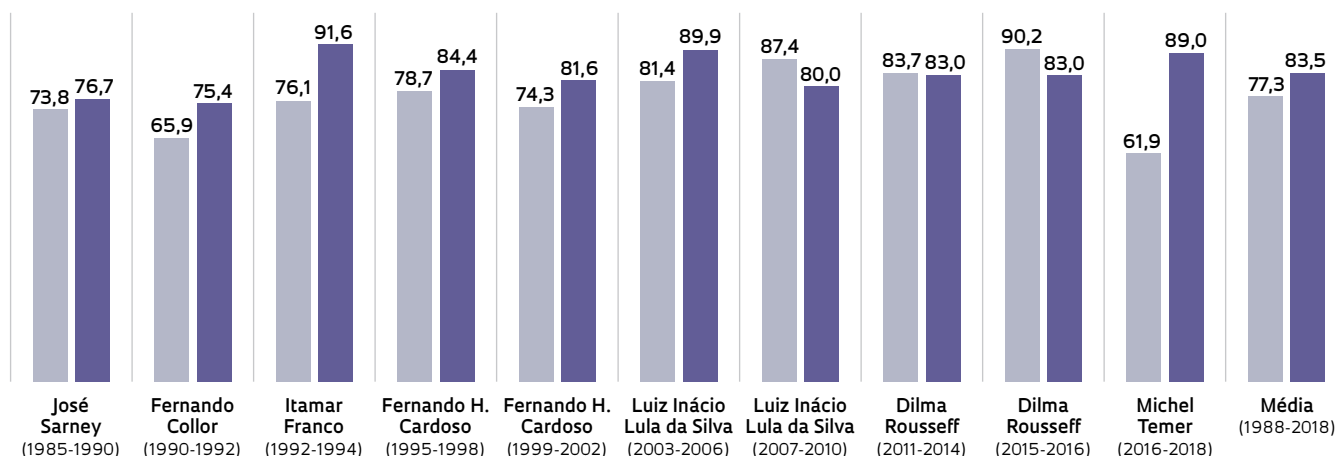
No artigo *A crise atual e o debate institucional*, publicado em 2017, eles sintetizam a lógica de operação de um governo desse tipo: “A iniciativa, a formulação e a proposição da agenda cabem ao Executivo, ao presidente ou ao seu partido. Os partidos da coalizão, em geral, colaboram com a implementação dessa agenda. Respeita-se assim o mandato popular que emerge das urnas. A versão

final da agenda, aquela que é aprovada e que será implementada, cabe à coalizão.” No entendimento dos pesquisadores, em governos de coalizão, “mais do que uma relação vertical de conflito entre Executivo e Legislativo observa-se uma relação horizontal de barganha e cooperação entre o Executivo e os membros da coalizão”.

Por desenvolver-se de forma empírica e comparativa, ao rever o modelo anterior e evidenciar aspectos positivos do presidencialismo de coalizão, a pesquisa acabou por desafiar certa interpretação teórica que dividia o mundo da política em desenvolvido e subdesenvolvido. “Do ponto de vista institucional, não há razão para o Brasil ter complexo de inferioridade. A democracia brasileira é igual a qualquer outra, funciona do mesmo jeito, nosso povo não é diferente, a racionalidade política não é diferente”, observa Limongi, que, assim como Figueiredo, tem em Adam Przeworski, cientista político da Universidade de Nova York, seu mentor intelectual.

Ambos partem do pressuposto de que presidentes agem de forma racional, têm projeto de governo e querem implementar políticas públicas. “Nessa visão institucionalista a que estamos filiados, a racionalidade do governante é central. Mas ela não é determinista. As instituições não determinam o comportamento do ator político. A ação do político vai ser o link entre as instituições e os resultados que devem ser produzidos”, explica Figueiredo. “Os atores reagem estrategicamente à variação das instituições”, completa Limongi. À luz de dados atua-

As bases institucionais do presidencialismo de coalizão estão no poder Legislativo do presidente, que tem mecanismos para controlar a agenda do Congresso, diz Figueiredo



lizados, no livro que estão organizando, pretendem reexaminar o funcionamento do presidencialismo de coalizão.

PONTO DE INFLEXÃO

Coordenadora do Núcleo de Estudos de Instituições Políticas e Eleições do Cebrap, Andréa Freitas, cientista política do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas (IFCH-Unicamp), integra a segunda geração de investigadores do projeto. “Fui formada para pensar e fazer pesquisa dentro do grupo”, conta ela, que há 17 anos trabalha a relação entre o Executivo e o Legislativo e atualmente busca entender como se dá o processo de negociação que leva ao sucesso do Executivo. Para garantir a continuidade e vitalidade da proposta, o núcleo sob sua responsabilidade reúne pesquisadores em todas as etapas de formação. A preocupação com a capacitação técnica segue fundamental. “Os tipos de cursos ofertados foram mudando ao longo dos anos. Hoje, por exemplo, não há mais necessidade de dominar a ferramenta Access, mas é preciso saber estruturar um banco de dados e conhecer as linguagens do R e do Python, de programação”, conta.

Fabiano Santos, coordenador do Núcleo de Estudos sobre o Congresso (Neccon) do Iesp-Uerj e fundador do Observatório do Legislativo Brasileiro (OLB), vê no rigor metodológico um dos grandes méritos do projeto. “O trabalho deles abriu uma nova agenda ao chamar a atenção da comunidade científica para a necessidade de se desenvolver teorias

mais sofisticadas, microfundamentadas, sobre o Legislativo”, avalia o pesquisador, que há cerca de três décadas investiga o Legislativo brasileiro. Recentemente, em parceria com Acir Almeida, Santos adaptou hipóteses da chamada teoria informacional – segundo a qual o Congresso Nacional se organizaria para buscar informações sobre como desenvolver políticas públicas – para complementar os achados de Figueiredo e Limongi, a respeito da dinâmica legislativa no Brasil, sob o presidencialismo de coalizão.

Especialista em instituições políticas na América Latina desde os anos 1990, o cientista político Timothy Power, diretor da Oxford School of Global and Area Studies, em Oxford, na Inglaterra, também identifica nos achados de Figueiredo e Limongi ponto de inflexão nos estudos sobre o Legislativo. “Eles mudaram a maneira como entendemos os partidos e corrigiram um grande erro de interpretação, de cientistas brasileiros e estrangeiros, que faziam inferências sobre a força dos partidos com base apenas nas características do sistema eleitoral do país”, avalia. “Ao medir pela primeira vez o número de deputados que seguiam a orientação do líder, facilitaram a análise empírica, disseminaram o uso dessa métrica e têm influenciado a pesquisa em outros países.” Power lamenta apenas que o conhecimento não tenha alcançado a imprensa. “Jornalistas ainda repetem que os partidos são fracos e preferem enfatizar a leviandade da classe política. Não entendem os incentivos institucionais que estão por trás dela e isso, sem dúvida, impacta a democracia.” ■



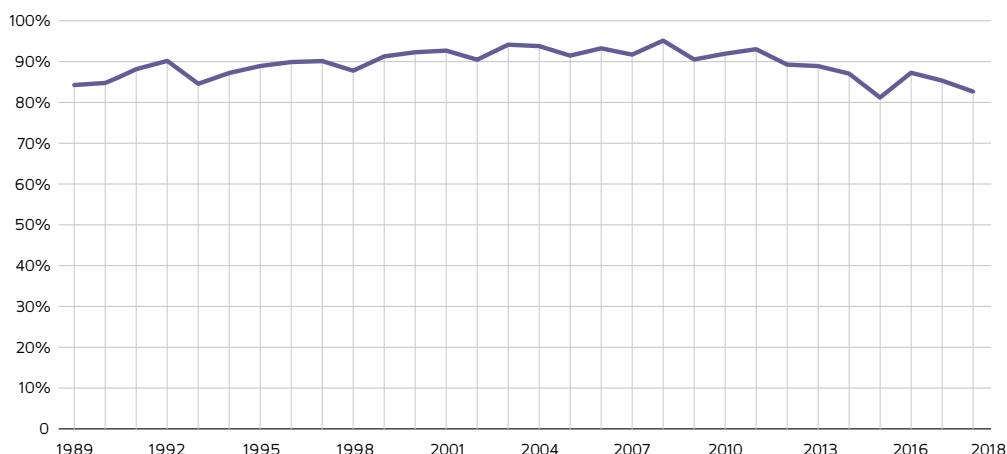
A reportagem de capa da edição nº 49, de *Pesquisa FAPESP* abordou estudo sobre os padrões de interação entre Executivo e Legislativo

Projeto

Instituições políticas, padrões de interação Executivo-Legislativo e capacidade governativa (nº 16/14525-6); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Temático; **Pesquisador responsável** Fernando Limongi (Cebrap); **Investimento** R\$ 953.208,97.

Disciplina partidária

Percentual de deputados da base do governo que vota de acordo com a indicação do líder do governo tem sido superior a 80%, desde 1989



FONTE BANCO DE DADOS DO LEGISLATIVO DO CEBRAP

Traços de uma vida

Karl Erik Schøllhammer



Registro de uma vivência

Lucio Costa
Edições Sesc
São Paulo/
Editora 34
648 páginas
R\$ 90,00

Não se trata de biografia do arquiteto Lucio Costa (1902-1998) nem mesmo de obra completa de seus escritos. *Registro de uma vivência* é uma coleção pessoal dos mais significativos textos de sua autoria, na composição de uma trajetória de vida e trabalho intimamente entrelaçada. É o relato, ou melhor, “o roteiro”, como diz na apresentação sua filha Maria Elisa Costa, que, em movimento “cinematográfico” e “circular”, evidencia a dedicação admirável do intelectual nascido em Toulouse, cuja vida se confunde com o projeto brasileiro de modernidade.

É raro comemorar a reedição de um livro, mas esta merece ser celebrada. Lançada originalmente em 1995, e reeditada dois anos depois, com o acréscimo de um pequeno texto de Paulo Jobim, a obra rapidamente desapareceu das livrarias depois da morte do arquiteto. Com posfácio de Sophia da Silva Telles, a nova edição traz também um índice onomástico que ajuda o leitor a se orientar em suas mais de 600 páginas de depoimentos, projetos, croquis, fotografias, cartas e desenhos.

Lucio Costa deixou uma vastíssima obra que expressou melhor do que qualquer outra o diálogo entre as tendências internacionais do modernismo arquitetônico representado por Le Corbusier (1887-1965), Walter Gropius (1883-1969), Frank Lloyd Wright (1867-1959) e Mies van der Rohe (1886-1969) – todos amigos ou conhecidos pessoais de Costa – e colegas brasileiros como Oscar Niemeyer (1907-2012), Carlos Leão (1906-1983), Ernani Vasconcellos (1912-1989) e Affonso Eduardo Reidy (1909-1964), com quem colaborou durante as décadas mais inventivas e revolucionárias do movimento. Mas, além de ocupar posição de contato horizontal com os movimentos internacionais, Costa também ofereceu uma visão vertical da história da arquitetura brasileira – desde o barroco colonial, passando pelo neoclassicismo e o período eclético – em função de sua atuação como consultor do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Sphan) e de seus pareceres sobre obras, monumentos e edifícios históricos.

Convidado em 1930 para dirigir a Escola Nacional de Belas Artes (Enba), no espírito do novo Ministério de Educação e Saúde, Costa viu a

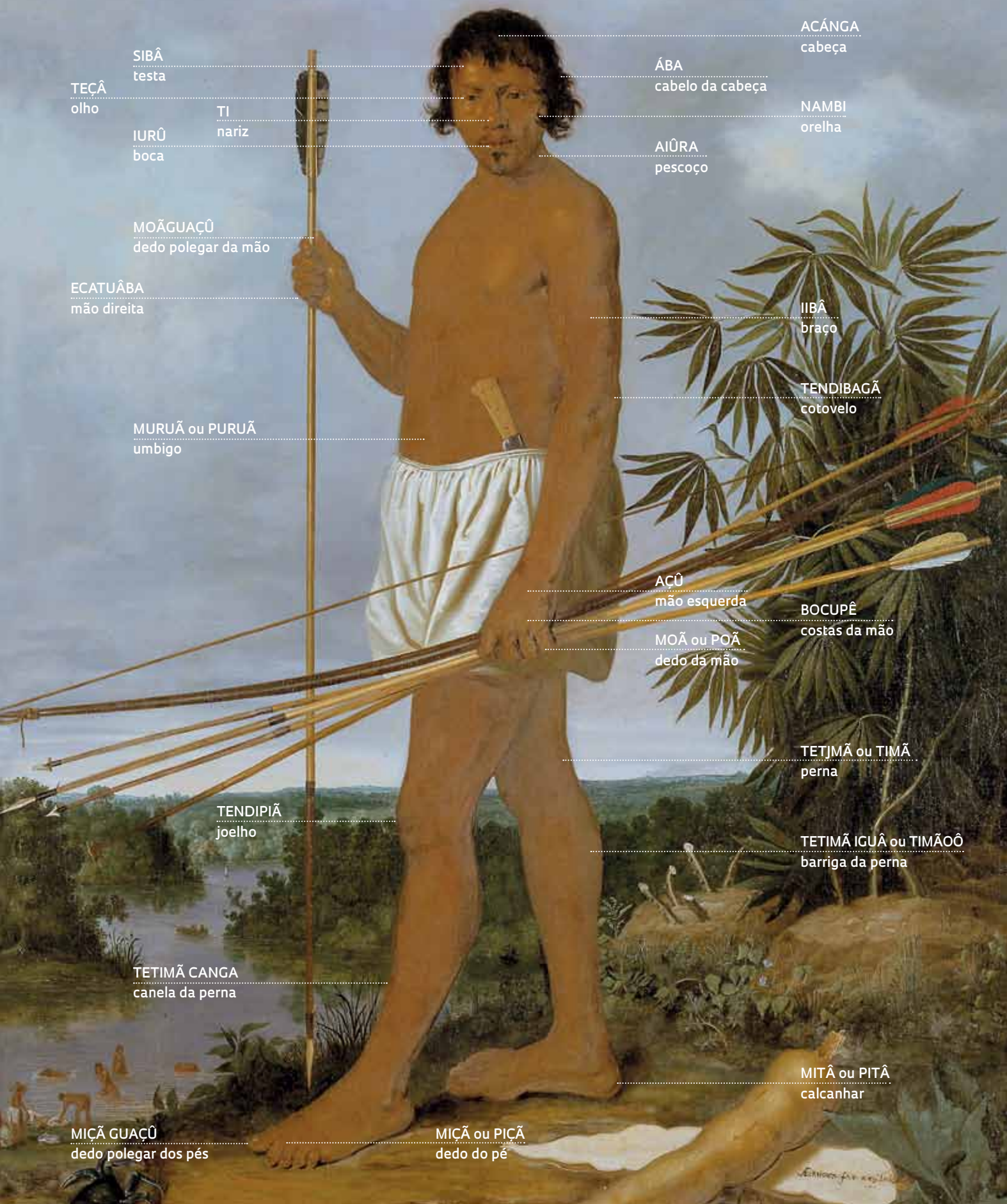
reforma curricular fracassar, mas observou que “seu objetivo de reintegrar as artes e adequar a arquitetura à nova tecnologia construtiva concretizou-se na edificação da sede do ministério e na criação do Sphan”, abrindo as duas orientações principais de sua atividade posterior. Para ele, o trabalho com o patrimônio histórico foi equivalente à descoberta do barroco colonial pelos modernos da Semana de 22 e garantiu uma bússola de orientação histórica na linguagem plástica que viria a cunhar na liderança de uma grande geração de arquitetos, revelando o gênio Niemeyer.

Talvez, por isso, o momento mais impressionante dos muitos projetos relatados por Costa tenha sido seu papel na construção do Palácio Capanema, no Rio de Janeiro, entre 1936 e 1945. A mando do então ministro da Educação, Gustavo Capanema (1900-1985), o arquiteto ignorou o resultado do concurso para o projeto e convidou o já famoso Le Corbusier. Durante as quatro semanas em que esteve no Brasil, o arquiteto francês esboçou o projeto que serviria de inspiração para a construção do palácio. Por quase uma década, foi a teimosa liderança de Costa que garantiu a realização desse marco da arquitetura moderna.

No mesmo período em que levou Niemeyer para desenhar o Pavilhão do Brasil na New York World's Fair de 1939, resultando em seu primeiro projeto com a característica curva ondulada, bastante elogiado pela crítica internacional, Lucio Costa recebeu recusa sumária de sua proposta para a construção da Cidade Universitária na Quinta da Boa Vista, elaborou o projeto visionário do Parque Guinle, no Rio, e o Park Hotel de Friburgo, na região serrana do estado. Inscreveu seu nome para sempre, na história da arquitetura mundial, com a nova capital federal, em Brasília, e a construção de um novo bairro, a Barra da Tijuca, pensado para dar à expansão urbana do Rio de Janeiro um outro equilíbrio. Lendo as propostas delicadas formuladas por Costa com precisão singela, sempre valorizando a escala humana, fica clara a injustiça das críticas feitas, ainda hoje, a ambos os projetos.

Karl Erik Schøllhammer é professor do Departamento de Letras da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ).

MEMÓRIA



TEÇÃ
olho

SIBÃ
testa

IURÛ
boca

TI
nariz

MOÃGUAÇÛ
dedo polegar da mão

ECATUÂBA
mão direita

MURUÃ ou PURUÃ
umbigo

TENDIPIÃ
joelho

TETIMÃ CANGA
canela da perna

MIÇÃ GUAÇÛ
dedo polegar dos pés

MICÃ ou PICÃ
dedo do pé

ÁBA
cabelo da cabeça

AIÛRA
pescoço

AÇÛ
mão esquerda

MOÃ ou POÃ
dedo da mão

ACÂNGA
cabeça

NAMBI
orelha

IIBÃ
braço

TENDIBAGÃ
cotovelo

BOCUPÊ
costas da mão

TETJMÃ ou TIMÃ
perna

TETIMÃ IGUÃ ou TIMÃOÔ
barriga da perna

MITÃ ou PITÃ
calcanhar

Lições de anatomia

Dicionário de 1613 escrito por jesuíta brasileiro registrou o conhecimento dos Tupi sobre o corpo humano

Carlos Fioravanti

Na língua dos povos Tupi, que ocupavam a região próxima ao litoral quando os portugueses chegaram ao Brasil, *moape* é a unha dos dedos da mão, enquanto a dos do pé é *miçãpê*. Com vocábulos como esses e os agregados à ilustração ao lado, o primeiro dicionário brasileiro de anatomia humana, publicado no Brasil em 1613 com o título *Nomes das partes do corpo humano, pella lingua do Brasil*, registrou a visão dos Tupi sobre o corpo humano.

A obra de 25 páginas foi escrita pelo padre jesuíta Pero de Castilho, que nasceu na região onde é hoje o estado do Espírito Santo em 1572 (a data de sua morte é incerta). Os leitores visados eram os demais missionários que viviam no Brasil. Reforçando o propósito do primeiro dicionário da língua tupi, escrito pelo jesuíta espanhol José de Anchieta (1534-1597) e publicado em 1595 com o título de *Arte de gramática da língua mais falada na costa do Brasil*, Castilho argumentava que os termos de seu trabalho poderiam ser “muito necessários aos confessores que se ocupam no ministério de ouvir confissões” dos índios.

“Por que um padre no confessionário precisaria de um dicionário?”, indaga a linguista Lídia Almeida Barros. Professora aposentada da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de São José do Rio

Preto, ela examinou o trabalho de Castilho e, como parte de sua pesquisa nessa área, organizou o *Dicionário de dermatologia* (Editora Unesp, 2009, <http://bit.ly/DermatoDicio>), com 3.697 termos. A seu ver, o apelo religioso poderia ser uma forma de eliminar eventuais restrições à publicação da obra, considerada a primeira nomenclatura anatômica do Brasil e um registro valioso do português escrito no século XVII.

“Durante a Idade Média, a Igreja proibia o estudo do corpo humano por quem não era autorizado por ela”, reitera o médico anatomista Jackson Bittencourt, do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP). Segundo ele, foi por essa razão que o artista italiano Leonardo da Vinci (1452-1519) fazia dissecações às escondidas e à revelia do poder papal.

O dicionário tem duas partes – a primeira com 257 verbetes do tupi com os termos ou explicações correspondentes em português, a segunda com 181 verbetes do português vertidos para a língua dessa etnia indígena. “Talvez o autor da obra não soubesse o termo exato em português para denominar as partes do corpo que os índios indicavam”, comenta Barros. Além disso, ela acrescenta, “o modo português de olhar o corpo humano era diferente do do indígena”.

Naquela época, não havia equivalentes em português de muitos

termos em tupi, que eram explicados, em vez de apresentados com um sinônimo, na primeira parte do dicionário. É o caso de *bopitéraicâba*, descrito como “os riscos da palma da mão”, hoje chamados de pregas palmares; de *iurumopi*, o equivalente a “cantos da boca de fora”, hoje conhecidos como comissuras labiais, os pontos de união dos lábios no canto da boca; e de *moataçâba*, que em tupi designava o espaço entre as duas escápulas, atualmente definido como espaço interescapular.

Plínio Marques da Silva Ayrosa (1895-1961), primeiro professor de tupi da Universidade de São Paulo (USP), ao examinar o dicionário em uma edição comentada publicada em 1937 pelo Departamento de Cultura do Estado de São Paulo (<http://bit.ly/PlinioAyrosa>), concluiu que a diferença entre o número de verbetes poderia ter outra razão: as duas partes teriam sido escritas por pessoas diferentes, a primeira pelo próprio Castilho e a segunda por algum escriba não identificado, que não conheceria todos os termos equivalentes em português.

Em sua análise, ele registrou “divergências ortográficas nas expressões portuguesas e tupis, erros grosseiros, incoerências e variantes incompatíveis com o preparo de um homem como Pero de Castilho e inadmissíveis na pena de quem conhecia a língua dos Brasis

profundamente”. Segundo ele, o dicionário deve ter sido escrito na Bahia ou em alguma cidade da região Norte, chegou a São Paulo e foi recopiado, como era comum, por volta de 1622. Ayrosa recebeu o manuscrito em 1936 das mãos do bibliófilo Rubens Borba de Moraes (1899-1986), então chefe da Divisão de Bibliotecas da cidade de São Paulo, depois de a prefeitura ter comprado o original de outro bibliófilo, Félix Pacheco (1879-1935), que o adquiriu em Paris.

VESALIUS

Quando o dicionário de Castilho começou a circular, a obra de referência sobre anatomia humana era *De humani corporis fabrica* (*Da organização do corpo humano*), escrita pelo médico belga Andreas Vesalius (1514-1564), da Universidade de Pádua, na Itália. Publicado em latim em 1543, o livro de 663 páginas contém descrições detalhadas de

estruturas internas do corpo humano, ilustradas pelos artistas italianos Ticiano Vecelli (1490-1576) e Domenico Campagnola (1500-1564) e o próprio Vesalius. Os desenhos partiram da observação da dissecação de cadáveres, “em geral de criminosos, muitas vezes feita em praças públicas”, afirma o cirurgião cardíaco Pedro Carlos Piantino Lemos, professor da Faculdade de Medicina da USP.

“Com base no conhecimento anterior dos árabes e gregos, Vesalius organizou e aprofundou a terminologia anatômica, com termos adequados para cada parte do corpo humano”, comenta Lemos. “A anatomia moderna começou com ele.” Pesquisador de textos históricos da medicina, Lemos, com a tradutora Maria Carnevale, coordenou a publicação de *Andreas Vesalius de Bruxelas – De humani corporis fabrica. Epitome. Tabulae sex* (Ateliê Editorial, Unicamp e

Imprensa do Estado, 2003), com as 96 gravuras e respectivas explicações da edição original.

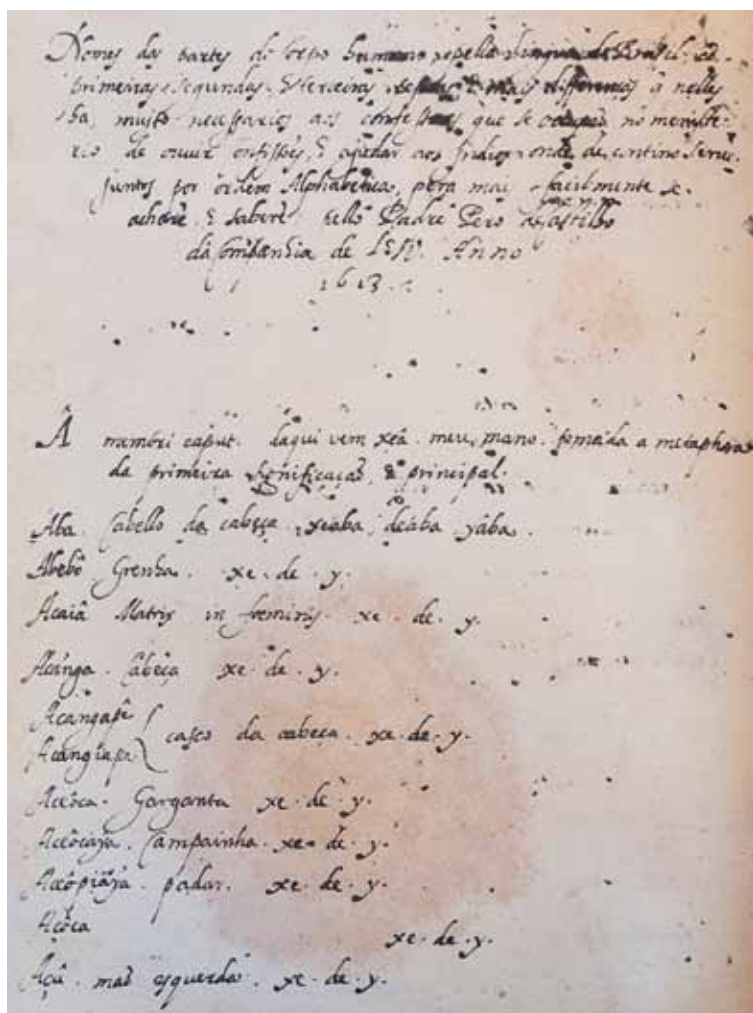
A obra fundadora da medicina tropical foi publicada em latim em 1648 na Holanda com o título de *Historia naturalis Brasiliae* (*História natural do Brasil*). Nesse livro, o médico holandês Guilherme Piso (1611-1678) – um dos autores, ao lado do naturalista alemão George Marcgraf (1610-1644) – descreve as principais doenças da época, como a cólera, a disenteria e as doenças venéreas, e as formas de tratá-las, por meio de remédios à base de plantas. Esse livro sobre o Brasil foi publicado em português apenas em 1942, quase 300 anos depois.

Depois de uma época de criatividade desenfreada – no final do século XIX havia cerca de 50 mil nomes para 5 mil estruturas anatômicas –, a *Nomina anatômica de Basileia*, de 1895, elaborada em latim por anatomistas alemães, ganhou a adesão ampla dos especialistas e tornou-se uma referência internacional.

A terminologia anatômica não parou de evoluir, em busca de termos simples, precisos, informativos e descritivos.

Embora cada país tenha a liberdade de adotar seus próprios termos, o latim persiste como a língua comum da terminologia anatômica, “para que possa ser compreendida em qualquer país”, diz Bittencourt. Segundo ele, uma tendência nessa área é a adoção de termos que expressem a forma e a função das estruturas anatômicas e não mais o nome de quem as descreveu pela primeira vez.

Na versão mais recente da terminologia anatômica internacional, a *Nomina anatômica de São Paulo* – assim chamada porque resultou de uma reunião de especialistas internacionais realizada na capital paulista em 1997 –, substituiu-se a expressão anatômica trompa de Falópio, assim chamada em homenagem a seu descobridor, o anatomista italiano Gabriele Falloppio (1523-1562), por tuba uterina. Pomo de adão, a saliência da cartilagem faríngea mais comum em homens, foi convertido para proeminência laríngea, já que algumas mulheres também podem tê-la. ■



Página da primeira parte do livro de Pero de Castilho



Apresentação de pôsteres durante o XXXI Congresso de Iniciação Científica da Unesp, em São Paulo

CARREIRAS

Direto ao ponto

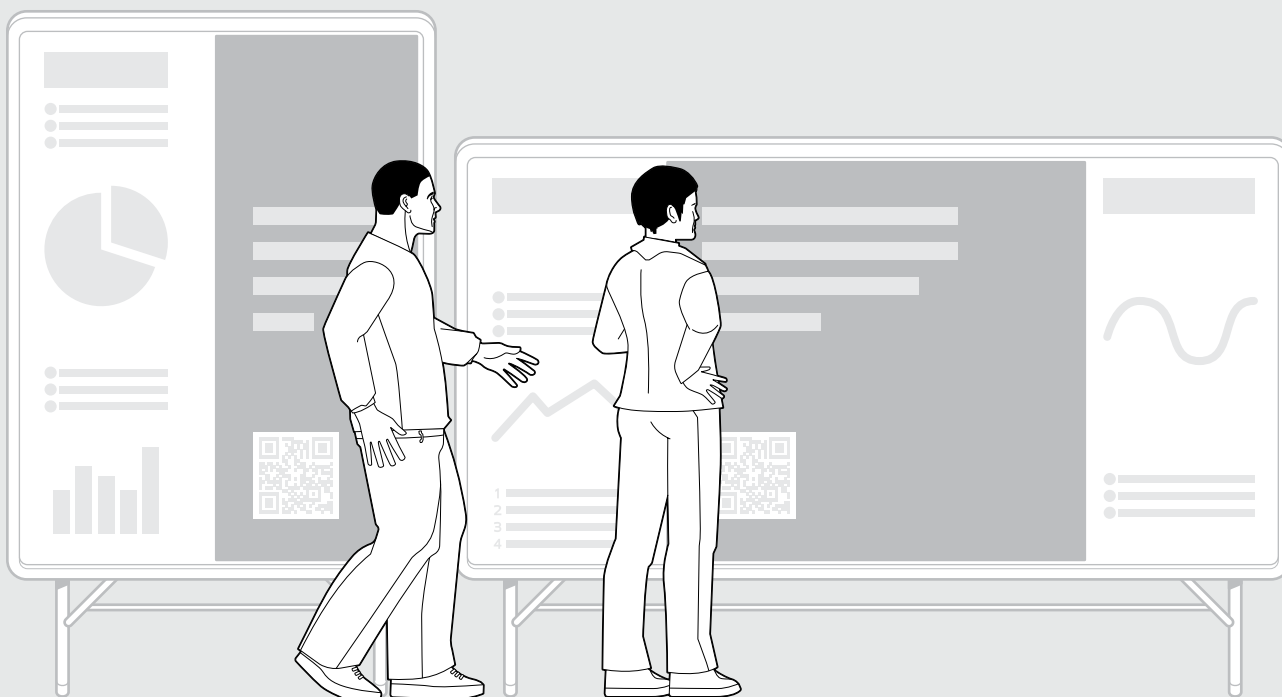
Pôsteres mais simples e acessíveis ampliam potencial de divulgação de pesquisas

Apresentar pôsteres faz parte da rotina de cientistas e estudantes de pós-graduação que buscam divulgar seus trabalhos, ampliar redes de contato e estabelecer novas parcerias em eventos acadêmicos. Não se trata, contudo, de tarefa fácil, quando o objetivo é criar um pôster funcional e atraente. Preocupados em disseminar o máximo possível de informação entre seus pares, muitos pesquisadores lotam seus cartazes de gráficos, tabelas e descrições de procedimentos realizados nos estudos. Esquecem, muitas vezes, que pôsteres densos demandam muito tempo de leitura para serem efetivamente compreendidos. O uso de jargão e títulos intrincados costumam afastar o interesse até mesmo do público especializado.

Uma campanha deflagrada em junho, no Twitter, busca mudar esse cenário e a dinâmica de congressos e conferências, ao incentivar pesquisadores a elaborar pôsteres mais criativos e acessíveis. Disseminado nas mídias sociais pela hashtag #BetterPoster, o movimento foi lançado pelo norte-americano Mike Morrison, doutorando em psicologia da Universidade do Estado de Michigan, nos Estados Unidos. “Os pôsteres tradicionais têm sido elaborados como artigos científicos”, disse Morrison a *Pesquisa FAPESP*. “Geralmente contêm resumo, introdução, metodologia e conclusão. O formato é replicado em sessões com dezenas de pôsteres para serem vistos em apenas uma hora pelos participantes de um congresso.”

Para Morrison, o pôster ideal deve evidenciar os achados de determinado estudo. “O público deve ser capaz de aprender algo em apenas 5 segundos olhando para o cartaz”, diz. “Isso incentiva as pessoas a fazerem perguntas mais específicas e interessantes do que apenas pedir ao autor que explique do que trata sua pesquisa.” Em vídeo publicado no YouTube, no lançamento da campanha, Morrison apresentou um novo design de pôster.

Nesse formato (ver quadro na página 97), o resultado mais importante do estudo aparece com destaque no centro do pôster, em letras grandes e linguagem acessível. Nas bordas, há espaço para pequenas figuras de apoio, distribuídas ali para auxiliar o expositor em sua apresentação oral.



Uma etiqueta de QR Code (código de barras bidimensional) permite que os interessados possam acessar, via smartphone ou tablet, além de uma cópia do pôster, a versão completa do estudo. O modelo vem ganhando adeptos e está disponível para download gratuito em <https://osf.io/ef53g/>.

“É um layout simples, mas bastante atraente”, avalia a bióloga Kelsey Picard, doutoranda da Escola de Ciências Naturais da Universidade da Tasmânia, na Austrália. Ela incorporou algumas das recomendações de Morrison em um pôster premiado no Fórum STEM State Future, realizado em setembro naquele país. A estratégia, conta Kelsey, foi realçar um título curto utilizando linguagem coloquial, irreverente e vibrante: “A menopausa das plantas pode ser desencadeada pela semente”. “A mensagem chamou a atenção de muita gente”, conta a pesquisadora, que descobriu que há um sinal enviado da semente da ervilha, “ordenando” que a planta pare de crescer.

Capacidade de síntese deve ser mais valorizada por congressos científicos

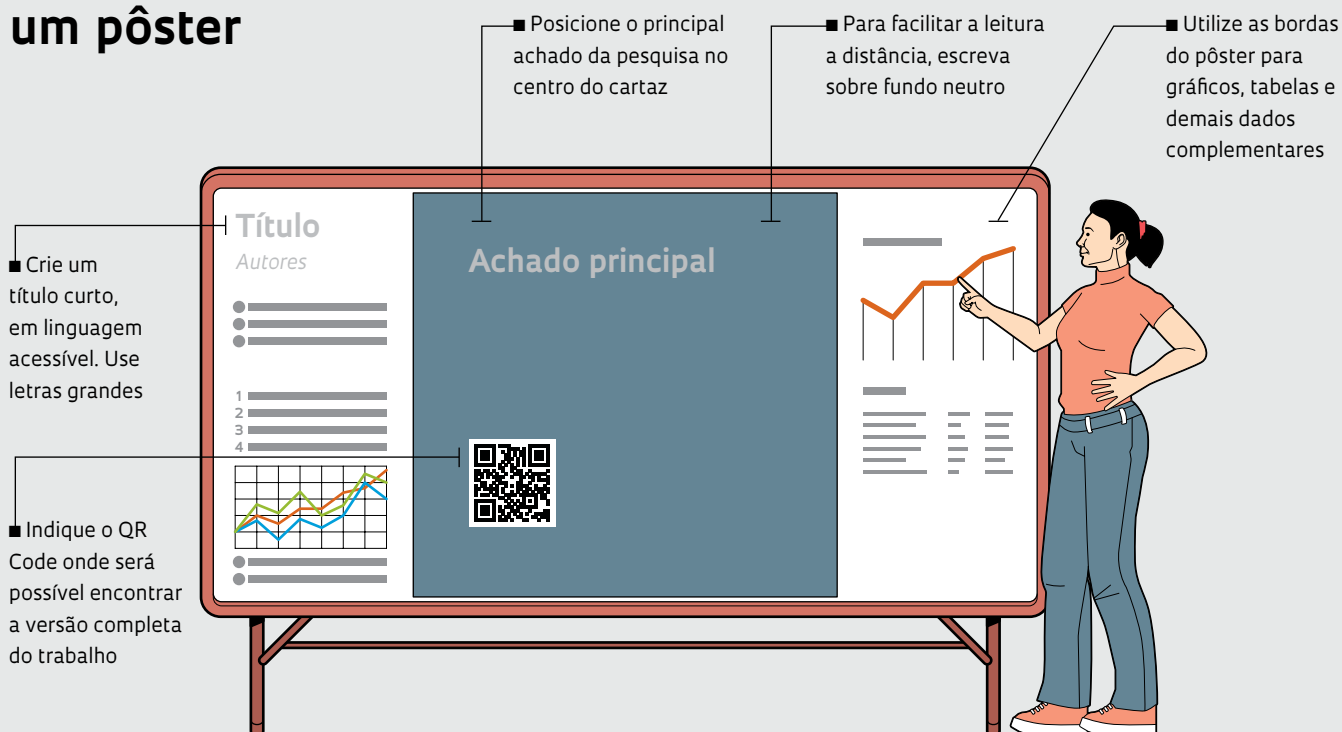
Embora hoje existam plataformas on-line como o Canva e o Dribbble, que oferecem recursos de design gráfico para a criação de cartazes e outros materiais de divulgação, grande parte dos pesquisadores apenas adapta peças anteriormente produzidas por colegas. “Trata-se de prática comum em universidades e instituições de pesquisa”, diz Morrison. “Uma pessoa que já criou um pôster no PowerPoint repassa o arquivo para outra, que apenas substitui as informações, sem mudar a estrutura.” A prática revela a pouca preocupação dos cientistas com o aspecto visual das

apresentações, nota Picard. “Há uma tendência em colocar muitas informações no pôster para tentar impressionar os pares e mostrar que você realmente trabalhou muito”, reconhece a bióloga.

FISGANDO O PÚBLICO

Martin Trauth, geocientista e especialista em comunicação científica da Universidade de Potsdam, na Alemanha, vê com bons olhos a campanha promovida por Morrison, mas faz um alerta: “Inserir a mensagem primordial da pesquisa no centro do pôster é uma ótima ideia, mas não garante que o problema da qualidade e do tamanho do texto será resolvido”. De acordo com o pesquisador, o mais importante é fornecer uma pequena amostra do trabalho, uma espécie de “isca” para estabelecer diálogos com o público. Mas para isso é necessário que a capacidade de síntese seja mais valorizada pelos congressos científicos. “Os pôsteres costumam ser premiados levando em consideração apenas o conteúdo. O design nem sequer é avaliado”, afirma Trauth.

Produzindo um pôster



FONTE #BETTERPOSTER / MIKE MORRISON

A farmacêutica Laura de Freitas, pesquisadora em estágio de pós-doutorado no Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP), vê na reflexão sobre o impacto dos recursos artísticos na elaboração dos pôsteres um dos méritos do #BetterPoster. “O tamanho das letras, a seleção das cores e a disposição das figuras são tão importantes quanto o conteúdo a ser apresentado”, afirma Freitas, que recentemente participou de um congresso com um cartaz inspirado no modelo de Morrison. “Notei muito mais pessoas vindo conversar comigo e me fazer perguntas quando usei esse novo formato”.

Ela e a bióloga Ana Bonassa, também pesquisadora do IQ-USP, integram o projeto *Vai lá no meu pôster*, do Centro de Pesquisa em Processos Redox em Biomedicina (Redoxoma), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) financiados pela FAPESP. A iniciativa busca difundir a produção científica do centro em vídeos curtos veiculados no canal

do Redoxoma no YouTube. “Os participantes têm a chance de expor seus pôsteres diante da câmera. É uma oportunidade de ampliar a divulgação de pesquisas que foram apresentadas de forma mais restrita e pontual em congressos”, explica Ana.

Na primeira fase do projeto foram gravados nove vídeos, postados semanalmente. As pesquisadoras – que também têm um canal no YouTube, o *Nunca vi 1 cientista* – consideram que produções mais simples, como a proposta por Morrison, podem incentivar os cientistas a desenvolver outras habilidades de comunicação, como técnicas de *storytelling*. “Tendo em mãos poucos recursos visuais, os cientistas podem falar mais dos bastidores de um estudo e contar histórias empolgantes do seu trabalho, o que ajuda a explicar de modo interessante as informações contidas no pôster”, diz Ana.

A campanha #BetterPoster também suscita críticas. A educadora norte-americana Teomara Rutherford, professora

da Universidade de Delaware, nos Estados Unidos, observa com preocupação a recomendação de um modelo de divulgação cuja eficácia ainda não foi devidamente testada. “Antes de recomendar uma intervenção específica, seria melhor investigar o problema e quais são as reais necessidades da comunidade científica”, alerta Rutherford.

Rutherford chama a atenção para a incorporação de um modelo preestabelecido, o que, na sua avaliação, pode desestimular o caráter autoral da produção de um pôster. “A adoção desse formato, sem antes perguntar quais são seus objetivos específicos com a apresentação, aponta para a falta de pensamento crítico sobre o uso do design para fins de divulgação científica”, observa. Mike Morrison, do #BetterPoster, explica que sua intenção não é difundir um modelo único de pôster científico. “Pretendo divulgar dicas de como os pesquisadores podem utilizar ferramentas do design para criar seus próprios pôsteres personalizados”, avisa. ■ Bruno de Pierro

PERFIL

Vida de inseto

Bióloga paranaense conquista Prêmio Marsh, da Royal Entomological Society de Londres



Gillung com coleção de mariposas-atlas do Sudeste Asiático, acervo do Museu Bohart de Entomologia, na Califórnia

Pesquisas realizadas no campo da entomologia – área da biologia que trata dos insetos e de suas relações com os demais seres vivos – demonstram que as interações entre moscas e aranhas são mais complexas do que se poderia supor. “As posições de predador e presa se invertem quando se trata das moscas parasitoides”, exemplifica a bióloga Jéssica Paula Gillung, especialista em análise morfológica e de DNA, que desde 2013 vem desenvolvendo estudos sobre insetos em universidades dos Estados Unidos.

Nascida na cidade de Palmeira, no Paraná, a cientista de 32 anos foi vencedora do Prêmio Marsh para Carreira Inicial de Entomologista, da Royal Entomological Society de Londres, no Reino Unido. O prêmio, entregue em agosto, reconhece cientistas que se destacam nessa área de investigação. Antes do Marsh, Gillung já havia sido condecorada em outras duas ocasiões pela Sociedade Americana de Entomologia.

O interesse por esse campo de pesquisa surgiu em 2005, durante iniciação científica realizada no curso de ciências biológicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Curitiba. “Foi quando tive meu primeiro contato com as moscas da família Acroceridae, que são inimigas naturais de aranhas e podem ser encontradas em áreas silvestres do mundo todo”, explica Gillung.

A interação da mosca parasitoide com aranhas surge em seu estado larval. “Esse inseto vive na aranha e, durante seu desenvolvimento, se alimenta dela até consumir todos os tecidos internos do animal”, descreve. Durante o mestrado, concluído em 2011 no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP), Gillung estudou a mosca *Philopota* Wiedemann, gênero presente na chamada região neotropical, que compreende os países da América do Sul até a parte sul do México. A pesquisa, que

revelou 13 novas espécies de moscas parasitoides, foi realizada a partir de coletas e análises de distintas coleções entomológicas dos países da região.

No doutorado, finalizado no ano passado na Universidade da Califórnia em Davis, nos Estados Unidos, além de classificar os tipos de moscas parasitoides que se relacionam com diferentes tipos de aranha, Gillung investigou o desenvolvimento desses insetos a partir de análises morfológicas, moleculares e de fósseis.

A experiência adquirida em laboratório possibilitou à bióloga trabalhar também com abelhas. No pós-doutorado que desenvolve atualmente na Universidade Cornell, em Ithaca, Gillung investiga o efeito do uso de fungicidas em larvas de abelhas silvestres – solitárias e selvagens –, depositadas pelas fêmeas em pequenos buracos no solo e em galhos ocos de árvores. “Há evidências de que os fungicidas sejam tão prejudiciais quanto os demais pesticidas”, alerta. Isso porque, explica a pesquisadora, a larva se alimenta de uma pequena massa de pólen e néctar, usada para acomodar o ovo. Semelhante a um pedaço de pão, o material depende da fermentação das leveduras para servir de alimento. “A intenção é descrever com detalhes a maneira como os fungicidas afetam a saúde e o desenvolvimento das larvas”, conclui. ■

Sidnei Santos de Oliveira

Projeto

Revisão taxonômica e análise cladística de *Philopota* Wiedemann, 1830 (Diptera, Acroceridae) (nº 09/03932-6); Modalidade Mestrado; Pesquisador responsável: Silvío Shigueo Nihei (USP); Investimento R\$37.386,03.

ACOMPANHE PESQUISA FAPESP NA INTERNET

Reportagens exclusivas e da edição impressa,
conteúdo interativo, vídeos, podcasts e
traduções: tudo isso você encontra no site

Site responsivo



Infográficos interativos



Conteúdo audiovisual



Newsletter e redes sociais



revistapesquisa.fapesp.br



Pesquisa
FAPESP



NAS BANCAS E LIVRARIAS
revistapesquisa.fapesp.br