WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR

Pesquisa FAPESP

JUNHO DE 2018 | ANO 19, N. 268

BOEING E EMBRAER

Por que a empresa brasileira, com 4 mil engenheiros e 46 modelos de aviões fabricados em quase 50 anos, é cobiçada pela companhia norte-americana

Leishmaniose visceral avança rumo aos grandes centros urbanos

Quem são e o que pensam filiados dos 10 maiores partidos políticos

País tem seus primeiros unicórnios, startups que valem mais de US$ 1 bilhão

Corrida pelo etanol de 2ª geração enfrenta obstáculos tecnológicos

Há 70 anos, cientistas se uniam para fundar a SBPC

Está no ar o novo site de **Pesquisa FAPESP**

A nova versão ficou com visual mais leve e navegação facilitada.

Na home o conteúdo vem em blocos, bastando rolar para ter rapidamente uma visão geral.

As imagens estão valorizadas, com maior equilíbrio entre o conteúdo visual e o narrado.

Com o novo design, o site passa a ter visualização mais confortável também nos dispositivos móveis.

Além de reproduzir o material da revista mensal impressa, o site oferece ainda notícias exclusivas, vídeos, podcasts, galerias de imagens e todo o acervo com mais de 20 anos desde o primeiro *Notícias FAPESP*, gratuitamente.

Continuam disponíveis as reportagens da revista impressa traduzidas para inglês e espanhol.

ILUSTRAÇÃO FREEPIK

E MAIS

Acompanhe tudo de perto assinando pelo site o nosso boletim gratuito.

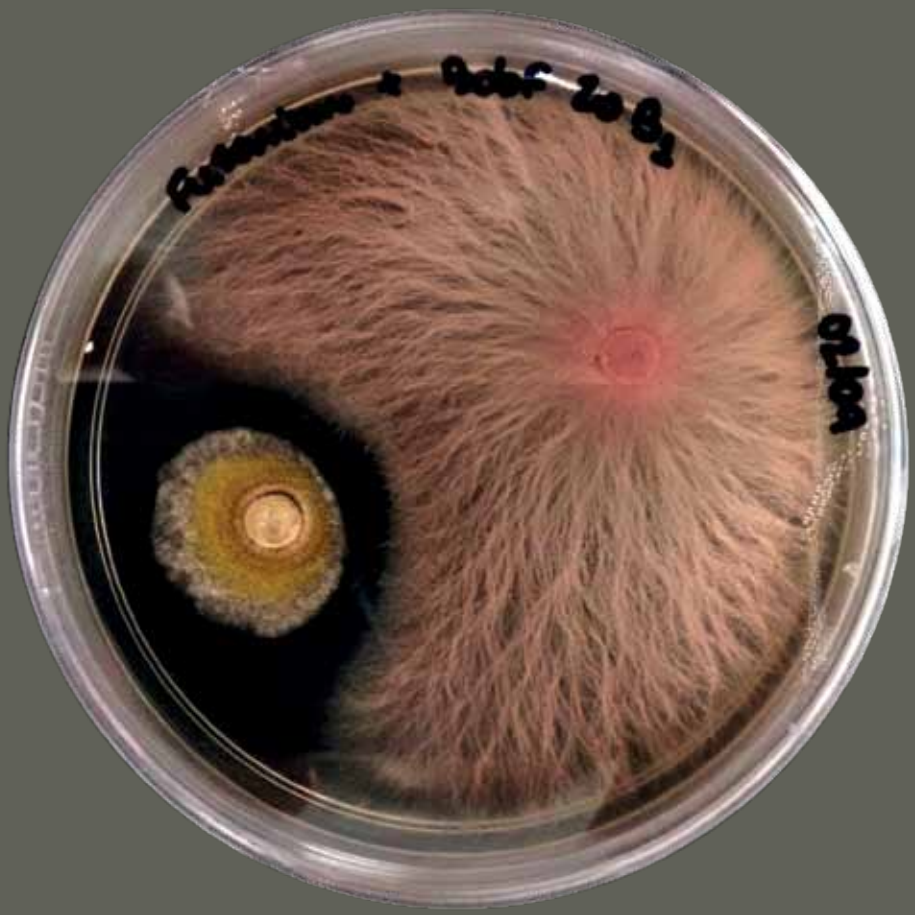
Pesquisa FAPESP pode ser seguida nas mídias sociais

Na plataforma Issuu é possível folhear a revista e receber avisos de novas edições.

revistapesquisa.fapesp.br

Pesquisa FAPESP

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



Batalha no vegetal

O fungo amarelo da foto, ainda não descrito, foi retirado da planta *Baccharis oblongifolia*, assim como cerca de 60 outras espécies. Cultivado junto com o fungo *Fusarium oxysporum* (*rosa*), que costuma atacar vegetais, o habitante da planta funcionou como barreira e impediu que o outro, nocivo a ela, ocupasse toda a placa de Petri. A bióloga Luiza Cheliz Rodrigues tem estudado as propriedades desses fungos que vivem nas plantas na defesa contra patógenos e os possíveis usos medicinais das substâncias que produzem.

Imagem enviada por Luiza Cheliz Rodrigues, estudante de mestrado no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo

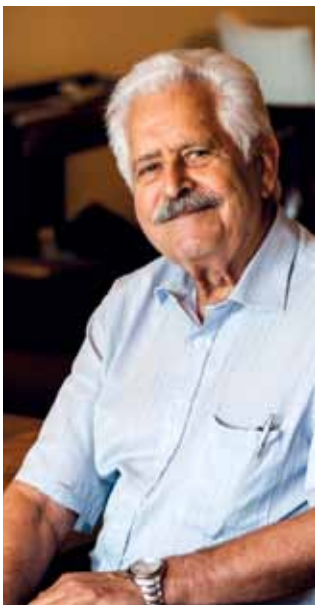
Pesquisa FAPESP

JUNHO 268

CAPA
Boeing e Embraer discutem a união de seus negócios
p. 18

Novas empresas querem disputar o mercado mundial de aviação
p. 24

Engenharia brasileira é motivo de cobiça da gigante norte-americana
p. 26



ENTREVISTA
Igor Pacca
Físico abriu caminho para a pesquisa em geofísica no Brasil
p. 28

POLÍTICA DE C&T

34 Inovação
Brasil se destaca em estudo sobre startups criadas por recém-formados

37 Difusão
Nova revista de inteligência artificial é alvo de boicote

CIÊNCIA

40 Saúde pública
Leishmaniose visceral avança rumo a grandes centros urbanos

44 Pediatria
Transplante de medula óssea é alternativa para tratar Ipex

47 Geociências
Campo magnético mais fraco estimula debate sobre risco de os polos se inverterem

50 Física
Vibrações acústicas dos átomos de materiais sólidos podem apresentar spin

52 Arqueologia
Povo pré-histórico que viveu em área hoje no Sul do país amamentava filhos por até dois anos

54 SBPC
Há 70 anos, associação de cientistas era fundada

TECNOLOGIA

58 Bioenergia
Etanol de segunda geração demora em alcançar viabilidade econômica

64 Biotecnologia
Ferramenta baseada na técnica de RNAi pode auxiliar no combate a pragas agrícolas

68 Empreendedorismo
Começam a surgir as primeiras empresas de base tecnológica bilionárias no Brasil

HUMANIDADES

72 Ciência política
Inédito, estudo revela quem são os militantes partidários

p. 8

Foto da capa EMBRAER

p. 72

p. 47

78 Fotografia
Livro reúne imagens de revoltas e compõe narrativa histórica sobre o Brasil

84 Ecologia
Mostra sobre a Amazônia aproxima arte e ciência

88 Música
Características formais das canções de ninar inserem bebê em contexto cultural e afetivo

90 Obituário
Alexandre Wollner e o moderno conceito de identidade visual

92 Memória
Busca por petróleo contribuiu para a criação dos cursos de geologia

95 Carreiras
Alunos da rede pública de Campinas traçam caminhos profissionais a partir do ProFIS

SEÇÕES

3 Fotolab

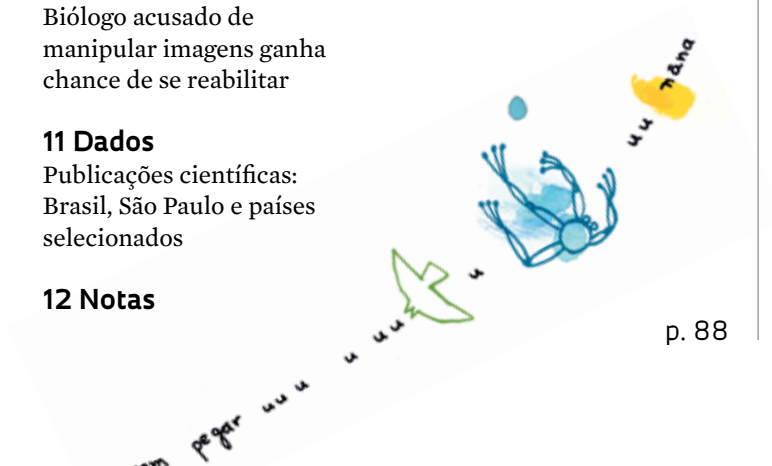
6 Comentários

7 Carta da editora

8 Boas práticas
Biólogo acusado de manipular imagens ganha chance de se reabilitar

11 Dados
Publicações científicas: Brasil, São Paulo e países selecionados

12 Notas



p. 88

WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR

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

VÍDEO YOUTUBE.COM/USER/PESQUISAFAPESP

O mundo mediado por algoritmos
Como e por que os algoritmos têm impacto crescente no cotidiano
bit.ly/vAlgoritmos

Prefeito ambivalente
Reforma do início do século XX pretendia integrar população ao centro do Rio de Janeiro
bit.ly/2HwY7Vv

PODCAST BIT.LY/PESQUISABR

Especialistas em nutrição, saúde e na produção e conservação de alimentos debatem os riscos de alimentos ultraprocessados
bit.ly/especialalimentos

COMENTÁRIOS cartas@fapesp.br

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

Amazônia pré-histórica

Já estive em um sítio desse dentro da floresta ("Mais gente na floresta", edição 267). A impressão que tive foi de que os pés de jarina mais antigos tinham sido plantados.
Gesileu Phaspy Ninawa

Algoritmos

Há um problema em como alguns desses algoritmos do Facebook trabalham e "escolhem" o que mostrar ("O mundo mediado por algoritmos", edição 266). Mas nada tira a beleza da matemática aplicada nisso.
Francisco Junqueira

Autoria de conveniência

Muito interessante o texto "Crédito a quem merece" (edição 266) na seção Boas Práticas. Além das quatro condutas de autorias consideradas reprováveis, existe mais uma que merece destaque por ser a mais danosa nos dias de hoje, particularmente entre estudantes de pós-graduação: a autoria de conveniência (*convenience authorship*). Não são poucos os laboratórios que estimulam que todos os alunos participem de todos os trabalhos sem contribuições expressivas para o texto, visando aumentar a produção individual de cada envolvido. Apesar de eticamente reprovável, tal atitude tem aumentado nos últimos anos, uma vez que concursos tendem a privilegiar candidatos com maior número de publicações. Esse comportamento passa ao largo da contribuição da ciência.
Alexander Kellner
Museu Nacional/UFRJ

Muitas pessoas ainda têm dúvidas sobre o reconhecimento da contribuição intelectual em um artigo científico. Gosto muito da proposta do sistema CRediT. Seria ótimo se as revistas e os autores o adotassem.
Juliana Reis

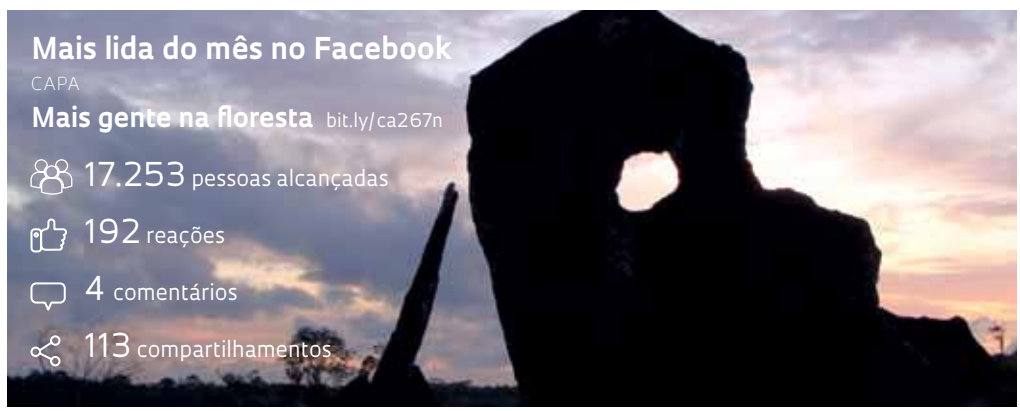
Vídeos

Dá até uma dor no coração (vídeo "Prefeito ambivalente"). O nosso Rio de Janeiro continua à mercê da especulação e abandono.
Ruth Claudia

Língua é vida. Um território onde todo mundo contribui sempre (vídeo "A riqueza da língua falada"). O que seria dela sem o seu poder de variação?
Kassia Mariano

Ótima exposição. Grande Ataliba de Castilho! Capaz de transformar uma explicação científica em exposição que todo falante de português compreende.
Vanderci Aguilera

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



MARIANA CABRAL

FAPESP
FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO

JOSÉ GOLDEMBERG
PRESIDENTE

EDUARDO MOACYR KRIEGER
VICE-PRESIDENTE

CONSELHO SUPERIOR

CARMINO ANTONIO DE SOUZA, EDUARDO MOACYR KRIEGER, IGNACIO MARIA POVEDA VELASCO, FERNANDO FERREIRA COSTA, JOÃO FERNANDO GOMES DE OLIVEIRA, JOSÉ GOLDEMBERG, MARCO ANTONIO ZAGO, MARILZA VIEIRA CUNHA RUDGE, JOSÉ DE SOUZA MARTINS, PEDRO LUIZ BARREIROS PASSOS, PEDRO WONGTSCHOWSKI, 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 Hermínia Tavares de Almeida, Marisa Lajolo, Maurício Tuffani, Mônica Teixeira

COMITÊ CIENTÍFICO
Luiz Henrique Lopes dos Santos (*Presidente*), Anamaria Aranha Camargo, Ana Maria Fonseca Almeida, Carlos Américo Pacheco, Carlos Eduardo Negrão, Fabio Kon, Francisco Antônio Bezerra Coutinho, Francisco Rafael Martins Laurindo, José Goldemberg, José Roberto de França Arruda, José Roberto Postali Parra, Lucio Angnes, Luiz Nunes de Oliveira, Marie-Anne Van Sluys, Maria Julia Manso Alves, Paula Montero, Roberto Marcondes Cesar Júnior, Sérgio Robles Reis Queiroz, Wagner Caradori do Amaral, Walter Colli

COORDENADOR CIENTÍFICO
Luiz Henrique Lopes dos Santos

DIRETORA DE REDAÇÃO
Alexandra Ozorio de Almeida

EDITOR-CHEFE
Neldson Marcolin

EDITORES Fabrício Marques (*Política de C&T*), Glenda Mezarobba (*Humanidades*), Marcos Pivetta (*Ciência*), Carlos Fioravanti e Ricardo Zorzetto (*Editores especiais*), Maria Guimarães (*Site*), Bruno de Pierro (*Editor-assistente*)

REPÓRTERES Christina Queiroz, Rodrigo de Oliveira Andrade e Yuri Vasconcelos

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

ARTE Mayumi Okuyama (*Editora*), Ana Paula Campos (*Editora de infografia*), Júlia Cherem Rodrigues e Maria Cecilia Felli (*Assistentes*)

FOTÓGRAFOS Eduardo Cesar e Léo Ramos Chaves

BANCO DE IMAGENS Valter Rodrigues

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

REVISÃO Alexandre Oliveira e Margô Negro

COLABORADORES Alexandre Affonso, Elisa Carareto, Estúdio Rebimboca, Fabio Otubo, Henrique Campeã, Márcio Ferrari, Renato Pedrosa, Suzel Tunes, Victória Flório

REVISÃO TÉCNICA Luiz Nunes de Oliveira, Maria Beatriz Borba Florenzano, Ricardo Trindade, Sérgio Robles Reis Queiroz, Walter Colli

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

TIRAGEM 28.880 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 E TECNOLOGIA
GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Instituto Verificador de Comunicação IVC

anatec
www.anatec.org.br

Embraer no divã

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

Os dilemas da Embraer são o tema do trio de reportagens que compõe a capa desta edição (*página 18*). A Embraer nasceu como empresa estatal em 1969, após um longo período de assimilação e desenvolvimento de competências essenciais no antigo Centro Tecnológico da Aeronáutica (1946) e no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1950); em 1994 a empresa foi privatizada e ganhou novo impulso, alcançando um desempenho comercial que, na década seguinte, fez dela a terceira maior fabricante de jatos comerciais do mundo. Às vésperas de seu cinquentenário, a empresa estuda nova mudança estrutural.

O dilema principal que a Embraer enfrenta resulta da proposta de compra da maioria das ações pela gigante global do setor, a norte-americana Boeing. A empresa de Seattle promete aportar novos recursos financeiros, comerciais e tecnológicos. Por outro lado, a autonomia da empresa brasileira ficaria comprometida. Enquanto alguns especialistas ouvidos pelo repórter Yuri Vasconcelos defendem que a Boeing tem mais a ganhar com a associação, e que o futuro da Embraer não depende de um possível acordo, outros dizem o inverso.

O dilema do governo brasileiro não é menor do que o da empresa. Na privatização, o Estado reteve uma ação com direitos especiais (*golden share*), entre eles o poder de veto sobre mudanças na estrutura societária. Além de aeronaves comerciais, a Embraer desenvolve desde a sua origem aviões militares e mais recentemente passou a se dedicar também a soluções na área de defesa; uma eventual associação poderia criar dificuldades para esses projetos.

Outra questão crucial envolve o destino do corpo técnico do que é considerada a joia da engenharia brasileira. Nenhuma empresa tem uma proporção tão alta de engenheiros entre seus funcionários e um histórico de pesquisa e desenvolvimento tão expressivo – projetou 37 dos 46 modelos de avião que fabricou em seus 49 anos. Reportagem à página 26 trata das engenharias das duas empresas e a da página 24 traz um panorama do mercado internacional de aviação.

Se a fabricação de aviões tornou o Brasil mundialmente conhecido, a produção de etanol vem sendo há 40 anos uma área em que o país também se destaca. Esse protagonismo pode ganhar novos contornos com a superação dos desafios tecnológicos enfrentados pelas empresas produtoras de etanol de segunda geração, ou etanol celulósico, que são objeto de extensa reportagem do editor Fabrício Marques (*página 58*). As dificuldades variam de acordo com o tipo de insumo (bagaço ou palha de cana) e as empresas correm para obter leveduras mais eficientes e baratas, equipamentos mais resistentes e processos de produção mais rápidos, com vistas a tornar o etanol celulósico competitivo com outros combustíveis, fósseis ou renováveis.

Geociências é o tema de três textos desta edição. Em entrevista, Igor Pacca conta sobre as origens da pesquisa institucionalizada em geofísica em São Paulo. Um dos primeiros professores do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo, dedicou-se ao campo do paleomagnetismo, o estudo da história da Terra e do movimento dos continentes através da evolução do campo magnético do planeta (*página 28*). Esse campo magnético é gerado por um oceano de ferro líquido no núcleo da Terra, que cria um imenso ímã bipolar. Reportagem à página 47 fala da redução da intensidade desse campo, que possibilitaria nova inversão dos polos magnéticos do planeta, fenômeno que ocorreu pela última vez há 780 mil anos. A seção Memória (*página 92*) resgata a história da criação dos primeiros cursos de geologia no Brasil, impulsionados pela busca de petróleo.

Uma segunda chance

Biólogo demitido da Universidade de Tóquio por manipular imagens recebe treinamento oferecido por britânico vencedor do Nobel

O biólogo celular Yoshinori Watanabe, especialista em dinâmica dos cromossomos reconhecido internacionalmente, foi demitido da Universidade de Tóquio em abril, após uma investigação concluir que ele modificou imagens e mesclou dados de forma indevida em cinco artigos publicados entre 2008 e 2013. Mas Watanabe – que ingressou na universidade em 1984 na graduação e lá fez toda a carreira – ganhou uma oportunidade incomum de recomeçar. Trocou Tóquio por Londres e, desde o dia 16 de abril, pode ser encontrado nas instalações de design futurista do Instituto Francis Crick, centro de pesquisa biomédica dirigido pelo bioquímico britânico Paul Nurse, ganhador do Nobel de Medicina ou Fisiologia de 2001.

Nurse, que foi supervisor de Watanabe em um pós-doutorado nos anos 1990, considerou que o ex-pupilo merecia uma segunda chance e o convidou a receber treinamento com foco no uso de ferramentas automatizadas para coleta e análise de imagens – habilidades que, segundo o acusado, faltaram-lhe na elaboração dos artigos. "A comunidade científica e as instituições precisam refletir melhor sobre como lidar com casos de reabilitação desse tipo", disse Nurse à revista *Nature*. Watanabe admite que cometeu erros nos artigos, mas nega ter agido de má-fé. "Depois de um período de reciclagem, espero encontrar um lugar para retomar minha carreira científica", afirmou.

O expediente de submeter acusados de má conduta a processos de reabilitação não é inédito. Entre 2013 e 2017, 61 pesquisadores responsabilizados por plágio, falsificação ou fraude participaram de uma iniciativa patrocinada pelos Institutos Nacionais de Saúde (NIH) dos Estados Unidos que oferecia treinamento e acompanhamento (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 246*). Na maioria dos casos, as irregularidades não tinham sido intencionais e envolviam condutas negligentes ou desconhecimento de regras. O caso de Watanabe é único por envolver um pesquisador familiarizado com boas práticas científicas – e por atrair a simpatia de um Nobel. É a primeira vez que o Instituto Francis Crick oferece suporte para reabilitar um pesquisador. Não há planos de repetir a experiência.

A punição ao biólogo foi o ápice de uma crise que agita há dois anos a Universidade de Tóquio, uma das mais importantes do Japão, com 28 mil alunos espalhados por cinco *campi*. Em 2016, foi divulgado um dossiê anônimo que apontava irregularidades em seis laboratórios da instituição. Investigações foram abertas

FOTOS 1 ELLIOTT BROWN / FLICKR 2 SEIMI TSUTSUI 3 STEVEN HAYWOOD ILUSTRAÇÃO HENRIQUE CAMPÊA

e confirmaram as acusações contra apenas um dos grupos, o de Watanabe. Cinco de seus sete *papers* apontados como suspeitos continham imagens manipuladas, dois deles publicados na revista *Science*, outros dois na *Nature* e um no periódico *Embo Reports*. Yuji Tanno, um dos assistentes de Watanabe, foi responsabilizado pela manipulação de um dos artigos, mas o relatório da investigação observou que ele recebeu aconselhamento inadequado do mentor.

1 Instalações do Instituto Francis Crick, onde o biólogo japonês recebe treinamento em coleta e processamento de imagens

FINANCIAMENTO SUSPENSO

Desde que as denúncias se tornaram públicas, a equipe de Watanabe na Universidade de Tóquio se desmanchou. Os 15 pesquisadores que trabalhavam com ele se transferiram para outros laboratórios e seu principal projeto de pesquisa teve o financiamento de US$ 3,7 milhões suspenso. Um editorial publicado no jornal anglófono *Japan Times* citou o escândalo como reflexo da queda dos indicadores de desempenho científico do país e de cortes orçamentários que aguçaram a disputa por financiamento entre grupos de pesquisa: "Por trás da má conduta pode estar o desejo do pesquisador e de seu laboratório de obter fundos de pesquisa até mesmo inventando resultados".

As pesquisas de Watanabe detalham interações entre proteínas que orientam a separação de cromossomos. Nos *papers* em questão, as imagens que mostrariam proteínas envolvidas em um experimento foram alteradas de modo a torná-las mais convincentes. Dados de origens diferentes também foram combinados de modo impróprio em um gráfico. A investigação da Universidade de Tóquio mostrou que Watanabe agiu de forma deliberada e até ensinava os alunos a manipular as imagens. Um dos artigos da *Science*, publicado em 2015, já sofreu retratação. Outro, o da *Embo Reports*, ganhou uma errata. O pesquisador admitiu os problemas, mas alegou que as manipulações não buscavam enganar ninguém nem comprometiam as conclusões dos artigos. "Assumo a responsabilidade pelos erros de processamento de dados que ocorreram em artigos do meu grupo. Admito que as etapas de processamento foram impróprias para os padrões internacionais, independentemente de seus efeitos nos resultados finais", escreveu Watanabe em um pedido público de desculpas.

2

3 Demitido, Watanabe recebeu do seu ex-supervisor Nurse (*acima*) a oportunidade de se reciclar em Londres

A contribuição científica do pesquisador japonês ajuda a explicar a solidariedade que recebeu. Iain Cheeseman, do Instituto Whitehead de Pesquisa Biomédica, em Cambridge, Estados Unidos, saiu em defesa de Watanabe em uma entrevista à revista *Nature* no ano passado, quando o escândalo veio à tona. "Watanabe é um gigante da ciência e fez um trabalho realmente inovador para a compreensão dos processos de meiose e mitose. Seus achados foram validados e seguem sendo centrais para a nossa compreensão da divisão celular", disse Cheeseman, que destacou descobertas como a de uma proteína que tem um papel na segregação de cromossomos. Cheeseman usou sua conta no Twitter para explicar melhor sua posição e fez críticas ao colega: "É fundamental agir de forma transparente na hora de preparar imagens. Watanabe manipulou seus dados de forma desleixada e inadequada". Observou, contudo, que há confusão em relação a técnicas consideradas aceitáveis de tratamento de imagens e que as conclusões dos estudos de Watanabe não foram maculadas pela manipulação. ■ **Fabrício Marques**

Armadilhas que geram casos de má conduta

Em um artigo de opinião publicado na revista *Nature*, a advogada C. K. Gunsalus, diretora do Centro Nacional de Ética Profissional e de Pesquisa da Universidade de Illinois em Urbana-Champaign, Estados Unidos, enumerou armadilhas que frequentemente levam estudantes e pesquisadores a tomar decisões equivocadas e se envolver em episódios de má conduta científica – e exortou líderes acadêmicos a construir soluções para manter a situação sob controle.

Parte dos problemas se relaciona a maus costumes praticados por quem exerce poder. Uma das armadilhas, que Gunsalus batizou de "pressão do grupo ou da autoridade", consiste em fazer vista grossa para irregularidades praticadas por líderes de pesquisa – como, por exemplo, executar instruções diferentes das aprovadas em protocolos clínicos –, imaginando que, afinal, o chefe do laboratório é experiente e sabe o que está fazendo. Outra armadilha apontada é a "tentação", o ímpeto de participar de arranjos atraentes, mas viciados, a exemplo de aceitar ter o nome incluído em um artigo mesmo sem ter contribuído de forma significativa para a pesquisa. Gunsalus menciona um caso real, em que um estudante de pós-graduação que apenas havia checado os dados de um manuscrito já concluído teve seu nome adicionado como autor pelo chefe do laboratório e ficou lisonjeado, sem saber que se tratava de uma manobra do autor para reapresentar um artigo rejeitado porque a revista estranhara haver apenas uma assinatura em um trabalho complexo.

O rol de armadilhas também inclui comportamentos antiéticos que, por envolverem aspectos secundários da pesquisa, acabam vistos como toleráveis. Um deles é excluir um único dado desfavorável do conjunto de resultados – e não mais do que isso. Outro é manipular, por exemplo, imagens, sabendo que isso não tem impacto nas conclusões do experimento. A lista segue com hábitos ligados à inexperiência, como cometer erros por se sentir constrangido a admitir desconhecimento sobre práticas corriqueiras; ou acreditar de forma temerária na veracidade de um resultado apenas porque trabalhou duro para obtê-lo; ou ainda imaginar que um experimento deu resultado negativo porque o pesquisador necessariamente cometeu um equívoco em sua execução.

O repertório de armadilhas se completa com dois comportamentos bastante conhecidos: cometer exageros na divulgação de achados de pesquisa ou fatiar os resultados de um experimento para gerar vários artigos. Segundo Gunsalus, dirigentes de universidades podem controlar esses problemas com duas estratégias. Uma é avaliar de forma prática até que ponto sua cultura de pesquisa realmente valoriza a integridade. "A segunda é o desenvolvimento de uma educação em ética de pesquisa relevante e integrada à forma como os estudantes aprendem a fazer ciência", recomendou ela.

ILUSTRAÇÃO HENRIQUE CAMPÊÃ

O golpe da falsa carta de confirmação

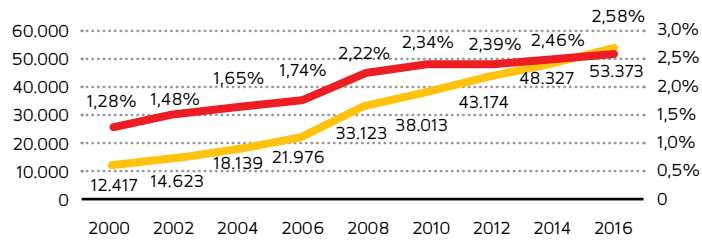
A Sociedade Americana dos Engenheiros Civis (Asce), que edita mais de 30 periódicos técnicos e científicos, tomou conhecimento de um golpe que utilizou o nome de suas revistas. Pelo menos sete pesquisadores foram contatados por supostas empresas de edição de manuscritos científicos – a origem de uma delas é a China – que se propunham a ajudar na publicação de *papers* em revistas da Asce e cobraram uma taxa para fazer o serviço. Pouco tempo depois, os autores receberam uma carta de confirmação com o timbre das revistas e a data prevista de publicação – que jamais aconteceu. Os manuscritos nem sequer chegavam às mãos dos editores das revistas para serem avaliados. Dos sete pesquisadores ludibriados, dois eram do Irã e cinco da China. Angela Cochran, diretora de periódicos da Asce, propôs em um post do blog The Scholarly Kitchen que, além das taxas e prazos envolvidos no processo, os editores de revistas científicas exponham de forma mais transparente em seus sites as regras para apresentação de um manuscrito – deixando claro, por exemplo, que o texto só pode ser enviado para um endereço específico da publicação e que toda a correspondência entre autor e editores virá de e-mails gerados por esse sistema de submissão.

DADOS

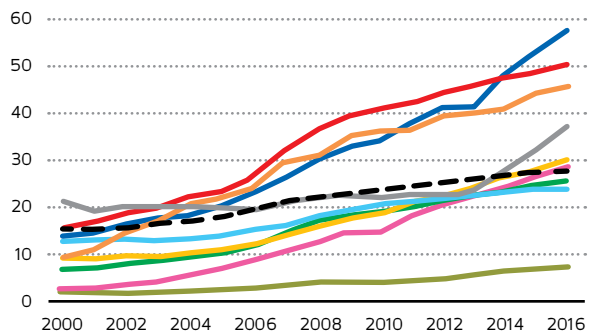
Publicações científicas: Brasil, São Paulo e países selecionados

Foram publicados 53.373 trabalhos científicos[1] em 2016 com pelo menos um autor no Brasil, quantidade 4,3 vezes maior do que a de 2000. Desse total, 42% dos trabalhos, ou 22.672, tinham autores no estado de São Paulo. Pesquisadores no Brasil vêm ampliando sua presença na pesquisa internacional, com 2,58% do total mundial de publicações, o dobro do percentual de 2000.

PUBLICAÇÕES E % DO TOTAL – BRASIL



PUBLICAÇÕES POR 100 MIL HABITANTES

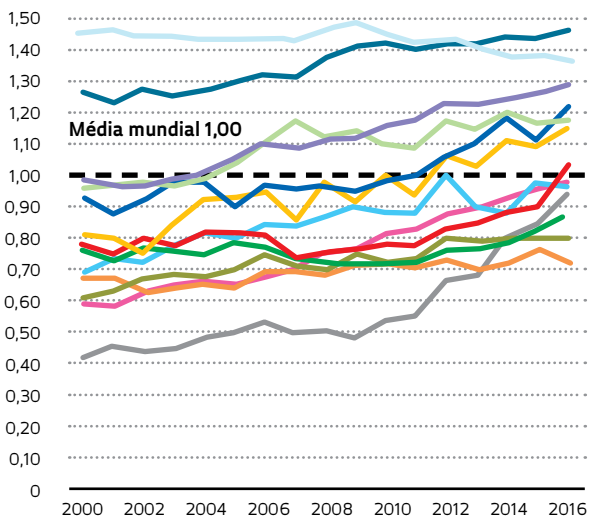


- Chile – 58
- **SÃO PAULO – 51**
- Turquia – 46
- Rússia – 37
- África do Sul – 30
- China – 29
- Média mundial – 28
- **BRASIL – 26**
- Argentina – 24
- Índia – 7

Publicações em relação à população (incluindo países de comparação[2])

No Brasil, foram 26 publicações por 100 mil habitantes em 2016, abaixo da média mundial (28), enquanto para São Paulo o valor atingiu 51. Apesar do crescimento, os países emergentes (e São Paulo) têm índices distantes dos líderes Reino Unido (230), Portugal (191), Estados Unidos (154) e Espanha (152), ausentes do gráfico por uma questão de escala.

CITAÇÕES POR PUBLICAÇÃO, NORMALIZADO PELA MÉDIA MUNDIAL (=1,00)



- Reino Unido – 1,46
- Estados Unidos – 1,36
- Espanha – 1,29
- Chile – 1,21
- Portugal – 1,17
- África do Sul – 1,15
- **SÃO PAULO – 1,03**
- China – 0,98
- Argentina – 0,97
- Rússia – 0,94
- **BRASIL – 0,88**
- Índia – 0,81
- Turquia – 0,71

Número de citações por publicação[3] (incluindo países de comparação)

O número de citações em trabalhos científicos é um indicador de visibilidade e impacto das publicações. As publicações com autores sediados no Brasil ainda recebem um número menor de citações do que a média mundial. Já São Paulo superou a média mundial, em 2016, ultrapassando Argentina e China. Chile e África do Sul lideram os emergentes, com valores próximos aos de Espanha e Portugal. O Reino Unido e os Estados Unidos apresentam os maiores índices.

ILUSTRAÇÃO FREEPIK

1 PUBLICAÇÕES DOS TIPOS "ARTICLE", "PROCEEDING PAPER" E "REVIEW", DA BASE WEB OF SCIENCE/CLARIVATE; **2** FORAM INCLUÍDOS OS DEMAIS PAÍSES-MEMBROS DO GRUPO DOS BRICS (RÚSSIA, ÍNDIA, CHINA, ÁFRICA DO SUL) E OUTROS EMERGENTES, COMO ARGENTINA, CHILE E TURQUIA, ALÉM DE ESPANHA, PORTUGAL, ESTADOS UNIDOS E REINO UNIDO, QUE NÃO FORAM INCLUÍDOS NESTE GRÁFICO, MAS SIM NO PRÓXIMO; **3** FOI UTILIZADO O INDICADOR "CATEGORY NORMALIZED CITATION IMPACT" DO SISTEMA INCITES/CLARIVATE, QUE LEVA EM CONTA AS ÁREAS EM QUE AS PUBLICAÇÕES SÃO CLASSIFICADAS, EVITANDO QUE ÁREAS COM MAIS CITAÇÕES PESEM MAIS QUE OUTRAS. **FONTES** PUBLICAÇÕES: INCITES/WEB OF SCIENCE/CLARIVATE (EXTRAÍDO EM 17/05/2018); POPULAÇÃO: IBGE, WORLD BANK.

NOTAS

A crítica situação dos golfinhos na Amazônia

As duas espécies de golfinho de água doce típicas da Amazônia – o boto-cor-de-rosa (*Inia geoffrensis*) e o tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) – podem estar sob sério risco de extinção, caso o declínio populacional observado em uma área de preservação valha para uma região mais vasta e não protegida por lei. Um levantamento feito de 1994 a 2017 na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, a 500 quilômetros a oeste de Manaus, indica que a população dessas duas espécies se reduz à metade a cada 10 anos, apesar de a captura ser proibida. No caso do boto-cor-de-rosa, que, adulto, atinge até 2,5 metros (m) de comprimento, a queda no número de exemplares avistados se acentuou a partir de 2000, quando aumentaram os relatos de captura acidental por redes de pesca e do uso de sua carne como isca para piracatinga (*Calophysus macropterus*), um bagre muito consumido na Colômbia. A redução da população do tucuxi, que mede cerca de 1,5 m e é mais suscetível a morrer preso nas redes, mostrou-se constante no período analisado (*PLOS ONE*, 2 de maio). Os autores do estudo, coordenado pela bióloga Vera Maria Ferreira da Silva, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), atribuem a redução dos botos à captura ilegal fora da reserva, uma vez que em Mamirauá a ação humana é controlada e outras espécies de predadores aquáticos continuam abundantes. Os pesquisadores não sabem se o que viram ali é representativo de toda a Amazônia, pois não há levantamentos semelhantes em outras áreas, mas afirmam que a captura para o uso como isca é disseminada. Hoje, o nível de ameaça às duas espécies é desconhecido. Se o declínio observado em Mamirauá valer para a Amazônia, elas estariam, segundo os critérios da União Internacional para a Conservação da Natureza, criticamente ameaçadas de extinção.

Botos-cor-de-rosa nadam em área de floresta alagada na Amazônia

Para acelerar o melhoramento do gado leiteiro

Um teste genético concebido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) pode acelerar o melhoramento do gado leiteiro girolando, criado no Brasil a partir do cruzamento de animais da raça gir, resistente a climas quentes, com os da raça holandesa, tradicional produtora de leite. A partir do material genético extraído de células do sangue, o teste permite verificar se o touro ou a vaca candidatos a se tornarem reprodutores apresentam os marcadores moleculares associados às características que se deseja desenvolver no rebanho, como maior capacidade de produzir leite e resistência a doenças. Os marcadores de DNA usados no teste genético foram estimados a partir de informações do banco de dados e pedigree da Associação Brasileira de Criadores de Girolando. O cruzamento desses dados permite determinar, com maior precisão e em menos tempo, quais os machos e fêmeas com maior capacidade reprodutiva e de produção de leite. Lançado para o mercado em maio deste ano, o teste pretende ser uma alternativa mais ágil aos métodos tradicionais de melhoramento, que podem durar uma década porque se baseiam no cruzamento de animais e na avaliação da produtividade das filhas. A nova ferramenta é fruto de uma parceria da Embrapa Gado de Leite com a associação dos criadores e as empresas CRV Lagoa e Zoetis. "A avaliação genômica abre a possibilidade de tornar mais rápido o melhoramento dos rebanhos e de, no futuro, otimizar o uso de barrigas de aluguel, uma vez que queremos adaptá-lo para permitir a avaliação genética de embriões antes da implantação", explica o zootecnista Marcos Vinícius Barbosa da Silva, da Embrapa Gado de Leite. "Atualmente trabalhamos para adaptar esse sistema para a raça gir leiteiro."

3

Chip de DNA criado para avaliar as características genéticas do gado girolando

2

Agentes de saúde da OMS participam de vacinação contra ebola na República Democrática do Congo

Novo surto de ebola atinge a África

Na República Democrática do Congo, profissionais da área da saúde e outras pessoas com alto risco de serem infectadas pelo vírus ebola, causador de uma febre hemorrágica que pode matar em até 90% dos casos, passaram a receber doses de uma vacina experimental no final de maio. A imunização começou pela cidade de Mbandaka, capital da província de Equador, no noroeste desse país da África Central. Mbandaka tem cerca de 1,2 milhão de habitantes e faz fronteira com o Congo. Em maio foram identificados os primeiros casos de infecção por ebola na cidade, resultado do avanço de um surto iniciado em áreas rurais. Esse é o nono surto de infecção pelo vírus na República Democrática do Congo desde 1976, quando o ebola foi descoberto. De 4 de abril a 15 de maio deste ano, 44 casos de febre hemorrágica haviam sido identificados em três regiões da província de Equador, com 23 mortes – a infecção por ebola havia sido confirmada em parte dos casos, o restante seguia sob investigação. Cerca de 530 pessoas que tiveram contato com os doentes passaram a ser acompanhadas pelas autoridades sanitárias. O Ministério da Saúde do país, em parceria com a Organização Mundial da Saúde (OMS) e outras entidades internacionais, iniciou a vacinação de pequenos grupos de médicos, enfermeiros e pessoas que haviam tido contato com doentes para tentar conter o avanço do vírus. Até 21 de maio, a empresa Merck havia disponibilizado para a OMS 8,6 mil doses da vacina rVSV-Zebov, que se mostrou eficaz em surtos anteriores na Guiné e em Serra Leoa. Outras 8 mil doses estavam prometidas. Transmitido pelo contato com os fluidos corporais dos infectados, o ebola causa febre, vômitos, diarreia, dores musculares e hemorragia.

FOTOS 1 KEVIN SCHAFER / MINDEN PICTURES / GETTY IMAGES 2 OMS 3 EDUARDO CESAR

A comunicação interna das plantas

As células das plantas se comunicam entre si trocando compostos químicos, como os neurônios no sistema nervoso dos animais. A superfície dos neurônios tem moléculas chamadas receptores de glutamato. Quando o neurotransmissor glutamato adere ao receptor, poros se abrem na célula e deixam entrar cálcio, fazendo um impulso elétrico percorrer o neurônio. Mais glutamato é liberado na extremidade da célula e transmite a informação adiante. Plantas não têm neurônios, mas suas células são recobertas por receptores semelhantes ao do glutamato (GLRs). O biólogo português José Feijó e seu grupo na Universidade de Maryland, Estados Unidos, pesquisam o que a ativação dos GLRs e a entrada de cálcio fazem nas células vegetais. Em um estudo do qual participou o biólogo brasileiro Daniel Damineli, os pesquisadores verificaram que o acionamento dos GLRs é necessário para guiar a célula reprodutiva masculina de um musgo até seu óvulo (*Nature*, 24 de julho de 2017). Em outro trabalho, que contou com a bióloga brasileira Maria Teresa Portes, o grupo observou em células de *Arabidopsis thaliana* que esses receptores funcionam associados às proteínas Cornichons. Essas proteínas controlam a atividade dos GLRs e os transportam no interior da célula, mantendo níveis adequados de cálcio em seus compartimentos (*Science*, 4 de maio). Para Feijó, a redistribuição dos GLRs forma uma rede complexa que regula a concentração de cálcio e controla a sinalização celular.

2

Grãos de pólen (*filamentos claros*) de *Arabidopsis thaliana* crescem mais em direção aos óvulos nas plantas com receptores GLR preservados (*à esq.*) do que naquelas com receptores defeituosos (*à dir.*)

1

Imagem do crânio reconstituído de *Ichthyornis dispar* (*no alto*) e reprodução artística de sua provável aparência (*acima*)

A primeira ave com bico

Uma ave que viveu entre 95 milhões e 84 milhões de anos atrás onde hoje é a América do Norte indica como surgiu o bico nesses animais. A análise de quatro crânios fossilizados – um descoberto em 2014 e outros três guardados havia tempos em museus – permitiu a pesquisadores dos Estados Unidos e do Reino Unido reconstituir com precisão a cabeça da ave *Ichthyornis dispar*. Com o tamanho de um pombo, essa ave primitiva, descrita em 1873 pelo paleontólogo norte-americano Othniel Marsh, deveria se parecer com as atuais gaivotas e é considerada a espécie mais antiga a preservar dentes na maxila e na mandíbula – eles tinham cerca de 1 milímetro e só deviam ser visíveis com a boca aberta. A reconstrução do crânio da *I. dispar* sugere que uma pequena estrutura córnea, formada apenas por queratina, a proteína das unhas e dos chifres, teria surgido inicialmente na extremidade da maxila, um dos ossos da parte superior da boca (*Nature*, 3 de maio). "O primeiro bico era uma ponta de pinça córnea na extremidade da maxila", contou o paleontólogo Bhart-Anjan Bhullar, pesquisador da Universidade Yale e coordenador do estudo, em um comunicado à imprensa. Nas aves modernas, o bico córneo recobre completamente a mandíbula, a maxila e outros ossos da boca. Segundo os pesquisadores, a ave *I. dispar* pode ser considerada como um organismo de transição entre os dinossauros e as aves modernas. Seu crânio abrigaria um cérebro relativamente grande e preservaria a musculatura da mandíbula semelhante à dos dinossauros que não deram origem às aves.

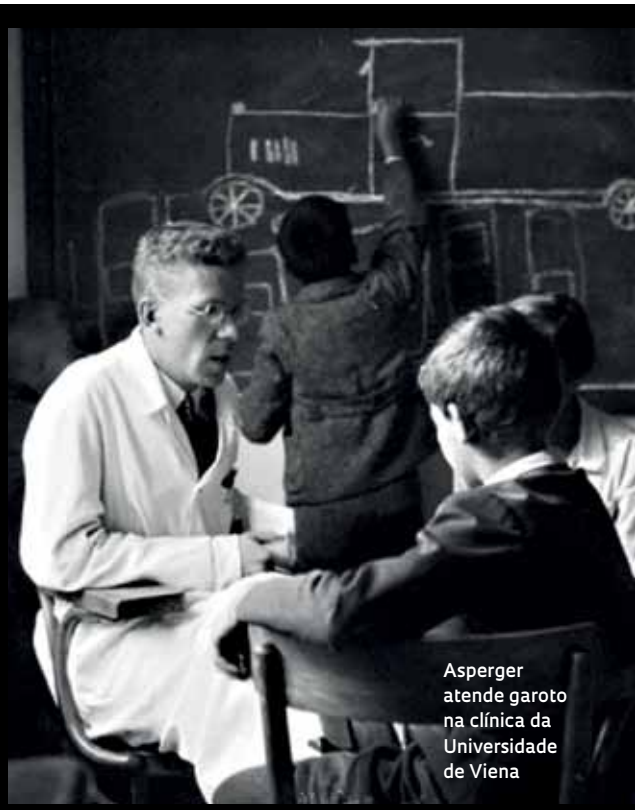
Um pesquisador (quase) presidente

Por pouco, um pesquisador não foi eleito presidente da República Tcheca. O físico-químico Jiří Drahoš, de 68 anos, disputou a eleição com o social-democrata Miloš Zeman e conquistou 48% dos votos no segundo turno, realizado em janeiro deste ano. Zeman, de 73 anos, foi reeleito com 52% dos votos. Recém-chegado à política, Drahoš é pesquisador do Instituto de Processos Químicos Fundamentais de Praga e foi presidente da Academia Tcheca de Ciências de 2009 a 2017. Ele concorreu à eleição

FOTOS 1 MICHAEL HANSON E BHART-ANJAN S. BHULLAR 2 JOSÉ FEIJÓ / UNIVERSIDADE DE MARYLAND

O pediatra colaborador dos nazistas

O pediatra austríaco Hans Asperger (1906-1980) tornou-se conhecido por ter estudado e caracterizado uma forma de autismo que leva seu nome, a síndrome de Asperger. Em 1944, quando publicou seu estudo sobre a síndrome, que só receberia reconhecimento internacional nos anos 1980, pouca atenção se deu ao fato de ele ter trabalhado muitos anos na Viena nazista. Seus eventuais laços com o regime de Hitler e suas políticas de higiene racial geraram controvérsia, mas não foram pesquisados a fundo. Por falta de evidências e com base em declarações do próprio Asperger, criou-se a imagem do médico como oponente do nacional-socialismo alemão. Surgem agora informações menos abonadoras. Com base em documentos históricos inexplorados, incluindo arquivos pessoais de Asperger e as avaliações clínicas que ele escreveu sobre seus pacientes, o historiador Herwig Czech, da Universidade de Viena, mostrou que o pediatra aderiu ao regime nazista e foi recompensado com oportunidades profissionais, tornando-se professor na universidade. Segundo o estudo de Czech, Asperger participou de organizações afiliadas ao partido nazista, legitimou publicamente políticas de higiene racial e cooperou com o programa de eutanásia infantil, contrariando a ideia de que tentava proteger as crianças sob seus cuidados: sua benevolência não se estendia àquelas que não ofereciam perspectivas de desenvolvimento ou desafiavam os padrões de educação ou disciplina (*Molecular Autism*, abril de 2018). Para Asperger, a clínica de eutanásia Spiegelgrund de Viena era "necessária".



Asperger atende garoto na clínica da Universidade de Viena

3

sem filiação a partido político e teve apoio de grupos de centro-direita. Com postura mais aberta à União Europeia, Drahoš promoveu uma campanha com duras críticas a Zeman, considerado uma voz pró-Rússia e contrário ao acolhimento de imigrantes. Durante a disputa, o pesquisador foi alvo de notícias falsas. Fotos dele com a chanceler da Alemanha, Angela Merkel, circularam na internet acompanhadas da afirmação de que ambos planejavam inundar a República Tcheca com imigrantes, informação desmentida por Drahoš. "Drahoš tem contato com Merkel, que também é química e o encorajou a entrar na política", conta o engenheiro químico Roberto Guardani, professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP). Amigo de Drahoš, Guardani foi coorientado pelo tcheco em seu doutorado nos anos 1980. Nos últimos 30 anos, Drahoš esteve no Brasil cinco vezes como professor visitante da Poli-USP e para participar de congressos.

4

O pesquisador Jiří Drahoš, que concorreu à Presidência da República Tcheca

Diplomas digitais, agora obrigatórios

O Ministério da Educação (MEC) publicou em abril uma portaria tornando obrigatória a emissão de diplomas e documentos acadêmicos em formato digital. A decisão envolve instituições de ensino superior (públicas e privadas) de todo o país e inclui registros e históricos escolares. Em até três meses, o órgão pretende divulgar os procedimentos que terão de ser adotados pelas instituições de ensino superior para criar os sistemas digitais de emissão. A partir de então, as instituições terão dois anos para adequar seus procedimentos às diretrizes de certificação digital da Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira (ICP-Brasil). Segundo o MEC, a medida pretende inibir fraudes e agilizar a expedição dos documentos. Mesmo com a obrigatoriedade de oferecer a versão digital, as universidades que desejarem poderão seguir emitindo os documentos também em papel. Dados do Instituto Nacional de Tecnologia da Informação indicam que mais de 1,1 milhão de diplomas foram expedidos por instituições federais em 2016.

3 ARQUIVO PESSOAL DE HANS ASPERGER **4** JINDRICH NOSEK / WIKIMEDIA COMMONS

1

James Collins Johnson em 1881, ex-escravo que trabalhou em Princeton

Princeton revisita passado escravista

A Universidade Princeton, uma das mais antigas e prestigiadas dos Estados Unidos, divulgou recentemente os resultados do *Princeton and slavery project*, que investigou o envolvimento da instituição com a escravidão no país. Alguns documentos indicam que os nove primeiros presidentes (reitores) de Princeton tiveram escravos e que houve uma venda no *campus* em 1766. Escravos viveram na casa do presidente da universidade até ao menos 1822. O primeiro estudante negro só se formou em Princeton nos anos 1890 e obteve o diploma de mestrado. Segundo o projeto, ainda em andamento, a universidade recebeu doações do lucro obtido com o trabalho escravo. Conduzido por Martha Sandweiss, professora de história na universidade, o *Princeton and slavery project* localizou ao menos 360 documentos. São fotos, anúncios de vendas de escravos, descrições sobre a comunidade negra da instituição, ilustrações em jornais estudantis e cartas de alunos. Outras 12 universidades norte-americanas, entre elas Harvard, já revelaram seus laços históricos com a escravidão. Segundo reportagem de abril no jornal *The New York Times*, Princeton anunciou a renomeação de dois espaços no *campus* em homenagem a escravos que lá viveram ou trabalharam. Um jardim será rebatizado com o nome de Betsey Stockton, que trabalhou na casa dos primeiros presidentes da instituição. O arco sob o qual estudantes passam em cerimônias de formatura levará o nome de James Collins Johnson, escravo fugitivo que trabalhou como zelador e vendedor no *campus* de 1839 a 1843 até ser denunciado a seus proprietários por um aluno.

Fêmea de besouro do gênero *Montella* deposita ovo em flor de *Dichaea cogniauxiana*

2

Uma relação complexa entre insetos e plantas

Pensar em polinização traz à mente a romântica visão de abelhas ou beija-flores voando de flor em flor, salpicados de pólen. Mas a história pode ser mais dramática, como acontece com orquídeas da espécie *Dichaea cogniauxiana*. Fêmeas de besouros do gênero *Montella*, com 2 milímetros de tamanho, visitam as orquídeas e transferem pólen do órgão masculino para o feminino da mesma flor. Em seguida depositam ali seus ovos, que originam larvas prontas a banquetear-se no fruto formado graças à ação fertilizadora das mães. Quando isso ocorre, as sementes são devoradas e a orquídea desperdiça seu esforço reprodutivo. Em cinco anos de observação, pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) notaram que um terço dos frutos infestados recebeu ajuda de vespas parasitoides, que mataram as larvas de besouro. Nesses casos, os frutos das orquídeas se desenvolveram normalmente, segundo estudo que foi parte do doutorado do biólogo Carlos Eduardo Nunes na Unicamp, orientado por Marlies Sazima (*Current Biology*, março). Os pesquisadores calculam que o sistema compensa para a planta onde polinizadores gentis são raros. Com a ajuda das vespas, as orquídeas dessa espécie polinizadas pelo besouro têm mais chances de produzir sementes viáveis do que as não visitadas por esses insetos.

3

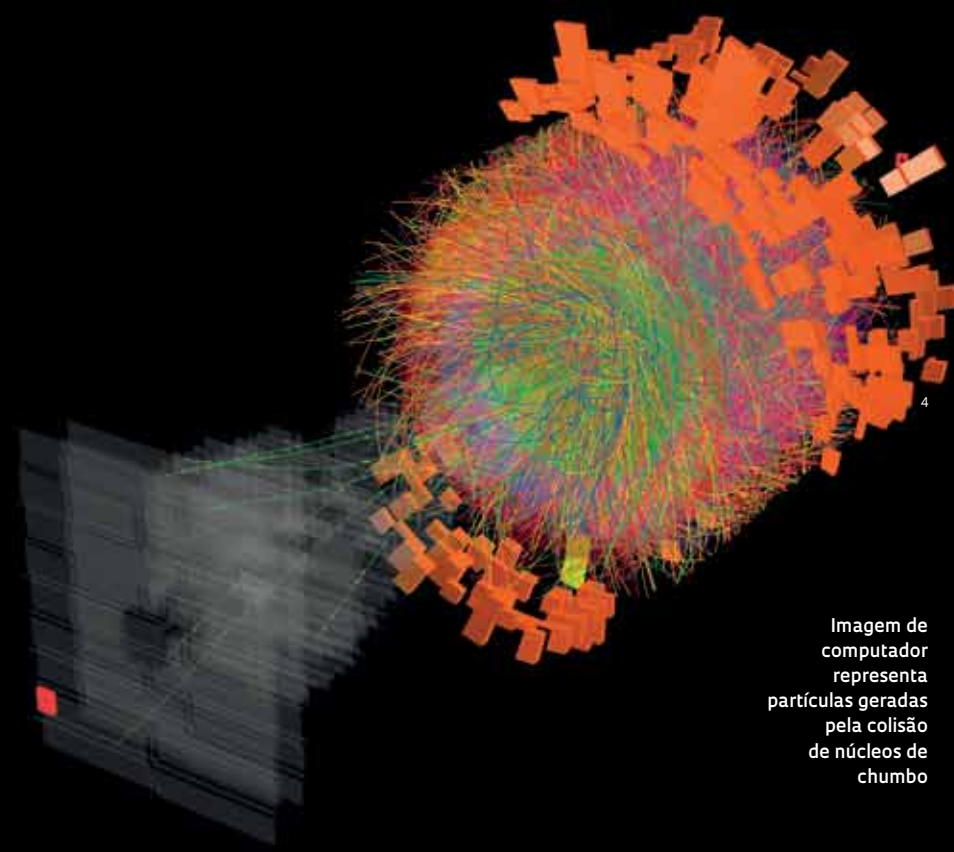
Magdalena Skipper, nova editora-chefe

Uma mulher no comando da revista *Nature*

A geneticista inglesa Magdalena Skipper, de 49 anos, é a nova editora-chefe da *Nature*, uma das mais prestigiadas revistas científicas do mundo. É a primeira vez que uma mulher assume a função desde o lançamento da publicação em 1869. Ela substituirá o físico Philip Campbell, que a partir do dia 1º de julho responderá como editor-chefe do grupo Springer Nature. Magdalena é hoje editora-chefe da revista *Nature Communications* e trabalha no grupo há mais de 15 anos. Em nota, ela disse que seu mandato deverá dar sequência a iniciativas da *Nature* para garantir a reprodutibilidade de pesquisas. Também salientou a importância da chamada ciência aberta, que envolve o acesso livre à informação e a construção colaborativa do conhecimento. Doutora em genética pela Universidade de Cambridge, no Reino Unido, atuou na elaboração do projeto Enciclopédia de Elementos do DNA (Encode), que tenta compreender o gigantesco volume de informações produzido pelo Projeto Genoma Humano.

Maratona no LHC

A Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (Cern) lançou no início de maio um desafio entre cientistas da computação a fim de estimular o desenvolvimento de programas de inteligência artificial para a análise de dados. Motivados a desvendar a constituição fundamental da matéria, os físicos do Grande Colisor de Hádrons (LHC), o maior acelerador de partículas do mundo, localizado nas proximidades de Genebra, Suíça, pretendem aumentar em ao menos 20 vezes o número de colisões de partículas realizadas no laboratório na próxima década. O crescimento no número desses eventos deve superar a capacidade atual de análise do LHC, onde centenas de milhões de colisões acontecem a cada segundo. Os detectores do acelerador registram informações de toda partícula que os atravessa, mas armazenam e reconstroem trajetórias apenas das colisões com os resultados mais interessantes. A seleção dessas colisões é feita por meio de algoritmos de reconhecimento de padrão, embora o processo seja lento, contou a cientista da computação Cécile Germain à revista *Nature*. A aposta em desenvolver algoritmos que usam aprendizado de máquina surgiu da parceria entre o Cern e a Kaggle Competições. Centenas de gigabytes de informação sobre colisões de partículas foram disponibilizadas para os competidores que, nos próximos três meses, vão usar a base para treinar seus algoritmos a reconstruir trajetórias das partículas de maneira precisa. Os melhores algoritmos selecionados na primeira fase da competição serão premiados em julho deste ano no Rio de Janeiro, durante o Congresso Mundial de Ciências da Computação. Os prêmios são de US$ 5 mil, US$ 8 mil e US$ 12 mil. A maratona termina em dezembro, em Montreal, Canadá.



4

Imagem de computador representa partículas geradas pela colisão de núcleos de chumbo

FOTOS **1** BIBLIOTECA DA UNIVERSIDADE PRINCETON **2** CARLOS EDUARDO NUNES / UNICAMP **3** IAN ALDERMAN **4** FEDERICO RONCHETTI / CERN

Um acordo no ar

Boeing e Embraer discutem uma união de seus negócios que pode levar à criação do maior conglomerado global de aviação

Yuri Vasconcelos

A notícia pegou todos de surpresa. Poucos dias antes do Natal de 2017, o diário nova-iorquino *The Wall Street Journal* revelou que a Boeing, maior empresa do setor aeronáutico, negociava a compra da Embraer, terceira fabricante mundial de jatos comerciais e líder do mercado de aviação regional. De acordo com a reportagem, a gigante norte-americana teria feito uma proposta pelo controle total da companhia de São José dos Campos (SP), o que significaria a aquisição de todas as suas divisões, entre elas a bem-sucedida linha de aeronaves comerciais com foco no mercado regional, o portfólio de jatos executivos e os produtos da área de defesa, cujos destaques são o turboélice de ataque leve e treinamento avançado A-29 Super Tucano e o recém-lançado cargueiro militar KC-390.

As reações do mercado e do governo foram imediatas, mas em direções opostas. As ações da Embraer negociadas na bolsa de valores B3, antiga Bovespa, dispararam 25%, mostrando a aprovação dos agentes financeiros. O Palácio do Planalto, no entanto, mostrou-se contrário ao negócio. "Em princípio, a Embraer é brasileira. (...) Não se examina a questão da transferência [de controle]", declarou o presidente Michel Temer. Com a privatização da Embraer em 1994, a União adquiriu poder de veto sobre questões específicas à operação da empresa por meio de uma

Detalhe da asa do jato E175 fabricado pela Embraer

Boeing x Embraer

A norte-americana vale quase 50 vezes mais do que a brasileira e tem uma receita 16 vezes superior. Conheça o perfil das duas companhias

BOEING		EMBRAER
Chicago (Estados Unidos)	Sede	São José dos Campos (Brasil)
1916	Fundação	1969
141,3 mil	Funcionários	18,5 mil
45 mil	Engenheiros	4 mil
US$ 3 bilhões	Investimento anual em P&D	US$ 600 milhões
2.557	Patentes (2017)	360
R$ 214,6 bilhões	Valor de mercado	US$ 4,4 bilhões
763	Aviões entregues[1] (2017)	101
5.864 aviões (US$ 488 bilhões)	Encomendas[1] (em 31/12/2017)	435 aviões (US$ 13,4 bilhões)
R$ 93,4 bilhões	Receita (2017)	US$ 5,8 bilhões

Receita por segmento

1. APENAS JATOS COMERCIAIS; **2.** INCLUI AVIAÇÃO EXECUTIVA; **3.** BOEING CAPITAL CORPORATION, BRAÇO FINANCEIRO DO GRUPO; **4.** AVIAÇÃO AGRÍCOLA E SERVIÇOS AERONÁUTICOS.

FONTES BOEING, EMBRAER, BLOOMBERG, STATISTA

ação de classe especial (*golden share*), entre elas a mudança de controle da companhia. A preocupação em Brasília, principalmente no Ministério da Defesa, recai sobre os projetos militares da Embraer, considerados estratégicos para o país.

Com a resistência do governo, Boeing e Embraer passaram a discutir, sempre de forma confidencial, modelos alternativos de aliança. A negociação, complexa, inclui a participação de um grupo de trabalho formado por representantes dos ministérios da Fazenda e da Defesa, do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), da Força Aérea Brasileira (FAB), entre outros. No início de junho, quando esta reportagem foi escrita, o desenho mais provável de negócio apontava para uma parceria específica para a área de aviação comercial por meio da criação de uma terceira empresa, uma *joint venture* – as divisões de aviação executiva e militar permaneceriam com a brasileira.

As duas multinacionais têm evitado se pronunciar sobre o tema. Por intermédio de sua assessoria de imprensa, a Embraer informou que "tem mantido entendimentos [com a Boeing], inclusive por meio do grupo de trabalho do qual o governo brasileiro participa, com vistas a avaliar possibilidades para potencial combinação de negócios". A Boeing, por sua vez, declarou no início do ano, por meio de seu vice-presidente sênior de Comunicação, Phil Musser, que a parceria "é uma ótima opção para

EMBRAER

as duas empresas" e "uma oportunidade poderosa para alinhar dois líderes nacionais aeroespaciais".

Cinco meses após a revelação das conversas, incertezas ainda pairam sobre o negócio, cujo desfecho pode ocorrer a qualquer momento. A primeira delas é a participação de cada sócio na estrutura acionária da eventual *joint venture*. Fontes com acesso às negociações indicam que a Boeing deseja ter uma posição majoritária, com 90% das ações da nova companhia, e controle total sobre a composição de seu conselho de administração. A Embraer exige ter pelo menos 20% do negócio e o direito de fazer indicações ao conselho.

Também não está claro como seria feita a partilha da área de engenharia da Embraer, responsável pelos projetos de inovação da companhia e um dos grandes ativos da empresa brasileira. "A engenharia da Embraer é fantástica, de classe mundial", avalia Richard Aboulafia, analista da indústria aeronáutica e vice-presidente do Teal Group, consultoria norte-americana especializada nos setores aeroespacial e de defesa. O governo brasileiro sinaliza que é importante que, independentemente do formato do negócio, a Embraer mantenha um corpo técnico capaz de inovar, projetar e construir novos aviões (*ver reportagem na página 26*).

Outra dúvida, decorrente de qual venha a ser o desenho acionário da nova empresa, é sobre a sustentabilidade financeira e operacional da Embraer. Hoje, por volta de 60% de seu faturamento vem da divisão de jatos regionais, a mais lucrativa e exatamente o setor cobiçado pela Boeing. Sem recursos provenientes da venda dos aviões comerciais, a empresa brasileira poderá enfrentar dificuldades a longo prazo.

Uma das preocupações dos analistas é a capacidade de a Embraer continuar tocando projetos militares. Historicamente, há um forte entrelaçamento entre as áreas civil e de defesa da companhia, assim como ocorre nas demais empresas aeronáuticas do mundo. Inovações tecnológicas desenvolvidas a partir de projetos militares são transferidas em algum momento para os jatos comerciais da empresa – e vice-versa. Esse transbordo de tecnologia também se dá para outras companhias brasileiras que atuam fora do segmento aeroespacial, com impacto positivo para o desenvolvimento econômico e o crescimento a longo prazo para o país – e o governo quer garantir que isso continue ocorrendo.

O turboélice militar A-29 Super Tucano (*acima*) e o jato de nova geração E195-E2 (*à dir.*), ambos fabricados pela empresa de São José dos Campos

A unidade de negócios responsável pelos projetos militares, a Embraer Defesa & Segurança (EDS), responde por cerca de 16% do faturamento e controla empresas que atuam em áreas de tecnologias críticas, como Atech (controle de tráfego aéreo), Visiona (satélites espaciais) e Savis-Bradar (radares e sistemas para vigilância de fronteiras). Esta última detém importante participação no Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (Sisfron), do Exército.

CAÇAS SUECOS

Há ainda outro nó a ser desatado se a aliança entre Boeing e Embraer se concretizar: o impacto sobre a compra dos caças Gripen NG. Esses jatos são produzidos pela sueca Saab, concorrente da norte-americana no segmento militar. Fechado em 2014, o contrato de US$ 5,4 bilhões prevê a entrega de 36 caças para a Aeronáutica, sendo que parte deles será produzida no Brasil. Há dois

49 anos de história

A Embraer tem 100 clientes em mais de 50 países. Fabricou 46 modelos de aviões e produziu mais de 8 mil unidades. Seus aviões transportam cerca de 145 milhões de passageiros por ano

1969

Fundação em 19 de agosto durante o regime militar. A empresa foi criada sob controle estatal

1972

Voo inaugural do turboélice EMB-110 Bandeirante, primeira aeronave produzida com capacidade inicial para 12 passageiros, depois estendida para 21

FOTOS EMBRAER

Analistas temem que o acordo com a Boeing possa prejudicar os projetos militares da brasileira

anos, a brasileira e a Saab inauguraram o Centro de Projetos e Desenvolvimento do Gripen, em Gavião Peixoto, no interior paulista. Criado para ser o *hub* de desenvolvimento tecnológico do Gripen NG no país, o local é segregado de outras áreas da Embraer – só têm acesso a ele engenheiros e técnicos cadastrados e autorizados.

A cooperação industrial previu a transferência de tecnologia da sueca para um grupo de empresas do polo aeroespacial brasileiro, tendo a Embraer à frente. Especialistas alertam que a venda da empresa pode representar algum tipo de restrição ao negócio com a Saab. Poucas semanas após o vazamento das negociações entre Boeing e Embraer, o então ministro da Defesa Raul Jungmann afirmou que, caso a aliança se concretize, salvaguardas serão construídas para proteger o contrato com os suecos. "Não é aceitável que uma tecnologia desenvolvida por uma parceira da Embraer passe para outra [empresa] e vice-versa", declarou à época. Vale destacar que Boeing e Saab são sócias no projeto de um jato militar para treinamento da Força Aérea dos Estados Unidos.

RESPOSTA À AIRBUS E BOMBARDIER

A oferta da Boeing de controlar a Embraer veio à tona apenas dois meses depois do anúncio de um acordo firmado entre a fabricante europeia Airbus, vice-líder global, e a canadense Bombardier. Em outubro de 2017, a Airbus adquiriu o controle do Programa C Series da Bombardier, representado pelos jatos CS100 e CS300, com 100 a 160 lugares. Com a jogada, o grupo europeu sediado em Toulouse, na França, ampliou seu portfólio de produtos e passou a ofertar também produtos com capacidade menor – o A319neo, modelo mais compacto da Airbus, transporta até 140 passageiros.

"O movimento da Boeing para comprar a Embraer foi, em boa medida, uma resposta à aliança

1980

O avião militar EMB-312 Tucano faz seu voo inaugural. Um dos maiores sucessos da fábrica, o modelo de ataque leve vendeu mais de 600 unidades

1985

Início de operação do EMB-120 Brasília. Até o fim de sua produção, em 2001, foram entregues 352 unidades do turboélice regional, com 30 assentos

1994

Com dificuldades financeiras, a Embraer é privatizada. A capitalização permitiu desenvolver aviões mais modernos equipados com motores a jato

1997

Lançamento do EMB-145, primeiro avião a jato da Embraer, com 50 assentos. Rebatizado posteriormente de ERJ-145, foi o símbolo do renascimento da empresa

firmada entre Airbus e Bombardier", pondera o economista e especialista aeronáutico Marcos José Barbieri Ferreira, professor da Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas (FCA-Unicamp). "A gigante de Seattle [cidade onde fica a principal fábrica da Boeing] quer se contrapor a sua concorrente europeia, passando a atuar em um segmento no qual está ausente", explica. O menor jato da Boeing, o 737 MAX, tem 138 assentos.

Além de fazer frente à concorrente europeia, a Boeing também está de olho no mercado de aviação regional, que se encontra aquecido. A Embraer estima para os próximos 20 anos uma demanda de mercado para 10.550 aviões comerciais no segmento de até 150 assentos, incluindo modelos turboélices (*ver reportagem na página 24*).

PERDAS E GANHOS

"A brasileira é um ótimo negócio para a Boeing. Além de se aliar ao líder da aviação regional, a norte-americana passará a dispor da capacidade de desenvolvimento de aeronaves da Embraer. A quantidade de novos projetos nascidos na Embraer nos últimos anos é excepcional", destaca Barbieri. O professor da Unicamp é autor da tese de doutorado "Dinâmica da inovação e mudanças estruturais: Um estudo de caso da indústria aeronáutica mundial e a inserção brasileira", defendida em 2009.

Desde sua criação em 1969, a companhia sediada em São José dos Campos desenvolveu 37 modelos de aeronaves, incluindo versões, e produziu outros nove sob licença. "Nenhuma indústria aeronáutica desenvolveu tantos aviões como nós nos últimos 17 anos", afirma Rodrigo Silva e Souza, vice-presidente de marketing da Embraer Aviação Comercial. Ao longo de sua história, a Embraer já fabricou 8 mil aeronaves. A cada 10 segundos um avião fabricado pela brasileira decola de algum ponto do planeta.

Por ser uma empresa tão bem-sucedida, sua compra é um negócio vantajoso para a Boeing, mas não necessariamente para o Brasil ou para a própria Embraer. "A venda do controle da Embraer transferiria para fora do Brasil decisões políticas e estratégicas, tais como a definição sobre novos projetos e a liberdade de vender aviões, notadamente os militares, para outros países", opina o engenheiro aeronáutico Jorge Eduardo Leal Medeiros, professor do Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP). "O melhor seria firmar uma aliança estratégica nas áreas tecnológica e comercial."

Para o especialista, independentemente do modelo de negócio, a palavra final sobre os interesses da Embraer deve ficar no país. Sem a companhia, segundo ele, o país perderia uma empresa estratégica de tecnologia de ponta, que gera empregos qualificados e é a terceira maior exportadora nacional. Sua venda também pode comprometer a cadeia aeroespacial e de defesa nacional, a única de alta tecnologia do país e com inserção ativa no mercado global.

A Boeing está de olho no mercado de aviação regional, que deve absorver 10,5 mil aeronaves nos próximos 20 anos

Nem todos pensam assim. Para o consultor aeronáutico Aboulafia, a Embraer precisa mais desse acordo do que a Boeing e teria muito a ganhar com ele. "A empresa está ficando sem espaço para crescer, por ter atingido seu limite com as plataformas dedicadas à aviação comercial, executiva e militar. Se ela desenvolver modelos maiores para qualquer um desses segmentos, encontrará concorrentes muito mais poderosos, como a própria Boeing." O analista do Teal Group afirma, ainda, que a sinergia existente entre os portfólios das duas multinacionais é um aspecto positivo e favorável ao entendimento.

"A família de E-Jets da Embraer é um complemento formidável aos jatos comerciais maiores da Boeing", destaca Aboulafia. O mesmo ocorre com a aviação executiva. A linha de produtos da Embraer vai do pequeno Phenom 100, para oito passageiros, ao Lineage, com 19 assentos, enquanto a Boeing oferece modelos maiores. A família BBJ (Boeing Business Jet) tem como plataforma as aeronaves de grande porte 737 e 787.

1998

Primeiro voo do ERJ-135 (37 lugares), segundo modelo da família ERJ, formada ainda pelo ERJ-140 (44 assentos). Foram produzidos mais de mil unidades

2002

Embraer lança o jato executivo Legacy 600. Outros seis modelos foram feitos para esse mercado, somando 1,1 mil aeronaves executivas operando em 60 países

2004

Entrada em serviço do E170, primeiro integrante da família dos E-Jets. Outros três modelos foram fabricados (E175, E190 e E195), com oferta de 70 a 130 assentos

2013

Apresentação do programa de jatos de nova geração E2, projetados para suceder os E-Jets. A família é composta pelos modelos E170-E2, E190-E2 e E195-E2

EMBRAER

O cargueiro militar KC-390 é o maior avião já construído pela Embraer

"Na área militar, o portfólio delas também é complementar, e o projeto do cargueiro brasileiro KC-390 é particularmente atrativo", opina Aboulafia. O cargueiro vai concorrer com o veterano C-130 Hércules, praticamente a única opção nesse segmento, fabricado pela norte-americana Lockheed Martin, grande rival da Boeing na área de defesa. Além disso, a Boeing não dispõe de um treinador avançado turboélice, como o Super Tucano.

ACESSO AO MERCADO

O jornalista norte-americano Guy Norris, editor-chefe da revista *Aviation Week*, prestigiada publicação técnica do setor aeronáutico, também afirma que a Embraer terá mais a ganhar com a associação do que a gigante norte-americana. "A fabricante brasileira conquistará acesso aos recursos de engenharia, pesquisa e, principalmente, ao mercado da Boeing. A longo prazo, a Embraer colherá mais benefícios do que a Boeing", calcula.

A parceria com a líder mundial do setor, segundo Norris, ampliará o alcance da Embraer ao mercado global. A depender dos detalhes do acordo, ela passaria a contar com a força de venda da norte-americana para comercializar não apenas os jatos regionais da futura *joint venture*, mas também dos produtos que ficassem com ela. Além disso, a aliança poderia criar sinergias importantes para a fábrica de São José dos Campos desenvolver novos produtos.

Para o engenheiro aeronáutico Ozires Silva, ex-presidente e um dos fundadores da Embraer, se bem negociada, a parceria poderá ser vantajosa para as duas empresas. "A Embraer precisa de mais dinheiro para fabricar seus aviões e a Boeing está disposta a colocar esse dinheiro", declarou Silva ao jornal *Gazeta do Povo*, do Paraná. "Eu gostaria que a Embraer continuasse uma companhia com certo grau de independência da Boeing. Felizmente, a Boeing concorda com isso. Acho que a melhor solução é essa mesmo: duas companhias independentes, uma participando da outra", afirmou.

Mas, e se o negócio não prosperar, o que ocorrerá com a Embraer? "Sem a Boeing, ela poderá enfrentar algumas dificuldades, mas conseguirá sobreviver", opina Barbieri. "A Embraer acabou de lançar o primeiro jato da família E2 e entregará este ano à FAB os dois primeiros KC-390, de uma encomenda de 28. São produtos tecnologicamente excelentes e com ótima aceitação – o que deve garantir um bom caixa para a empresa tocar novos projetos", diz. "A Embraer tem boas perspectivas para os próximos 15 anos." ■

2015

O KC-390 faz seu primeiro voo. As primeiras unidades serão entregues à Força Aérea Brasileira (FAB) este ano

2017

Produção da 1.400ª aeronave da família E-Jet. O sucesso dos modelos fez da Embraer a terceira maior fabricante de jatos comerciais, superando a canadense Bombardier

2017

Depois de Airbus e Bombardier anunciarem uma parceria, Boeing e Embraer iniciam conversas visando a união de seus negócios

2018

Entrega do primeiro E190-E2, modelo inaugural da família E2. A empresa tem 280 pedidos para os três aviões da série, mais modernos e econômicos que os E-Jets

Briga nos céus do planeta

O mercado mundial de aviação é dominado por **quatro fabricantes**, mas **novas empresas** querem entrar na disputa

COMAC
(CHINA)

UNITED AIRCRAFT CORPORATION (UAC)
(RÚSSIA)

MITSUBISHI
(JAPÃO)

*JATOS COMERCIAIS EM 2017

FONTES BOEING, AIRBUS, EMBRAER E BOMBARDIER

O transporte aéreo de passageiros encontra-se em forte expansão. O volume de viajantes deve praticamente dobrar em menos de duas décadas, pulando dos atuais 4 bilhões por ano para 7,8 bilhões em 2036, segundo projeção da Associação Internacional de Transportes Aéreos (Iata), organização que reúne as maiores empresas de aviação do planeta. Mais gente viajando significa mais aeronaves no ar, o que é uma ótima notícia para esse setor industrial.

A Boeing estima que o mercado absorverá 41 mil novos aviões a jato nos próximos 20 anos. A procura será maior na região da Ásia-Pacífico, que compreende os países da Oceania e do continente asiático, excetuando as ex-repúblicas soviéticas. A Embraer, por sua vez, estima uma demanda de 10,5 mil aviões no segmento de até 150 assentos, incluindo turboélices, até 2036. Considerando apenas aeronaves a jato, como as produzidas pela brasileira, poderão ser comercializadas 6,4 mil unidades, totalizando US$ 300 bilhões. É de olho nessa bolada que Boeing e Airbus fizeram seus mais recentes movimentos no intricado tabuleiro da aviação comercial.

Historicamente, o mercado aeronáutico tem sido dominado por dois duopólios. De um lado, a norte-americana Boeing, líder mundial em vendas de aviões, disputa com a europeia Airbus, a vice-líder, o segmento de jatos de médio e grande porte, acima de 150 passageiros. Do outro, a Embraer e a canadense Bombardier são rivais no segmento regional, caracterizado por aeronaves menores projetadas para voos mais curtos, muitas vezes entre aeroportos secundários. A Embraer lidera o segmento de aeronaves de até 150 assentos com 30% do mercado.

Esse arranjo sofreu um abalo com a compra do Programa C Series da Bombardier pela Airbus em 2017. Principal concorrente da brasileira, a Bombardier iniciou em 2008 o projeto dos jatos C Series com o objetivo de reconquistar a liderança do setor regional, perdida depois de a brasileira lançar a eficiente família E-Jets no começo dos anos 2000. O programa canadense enfrentou diversos problemas e a primeira unidade entrou em operação apenas em 2016 – até hoje, foram entregues somente 29 jatos. Para efeito de comparação, os E-Jets E2, mais nova família da Embraer, com capacidade para 90 a 146 ocupantes, chegaram ao mercado este ano, menos de cinco anos depois de serem lançados (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 265*).

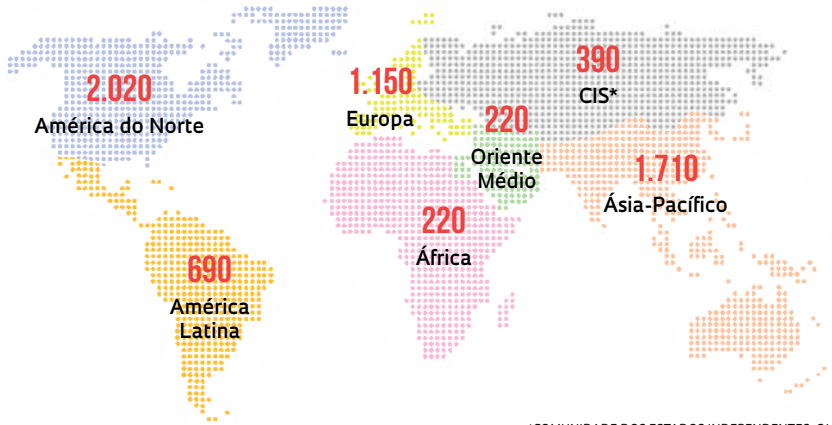
Analistas explicam que as negociações para venda de aeronaves são complexas e demoradas. Como o produto é de alto valor – os jatos E2 custam por volta de US$ 60 milhões, enquanto um Boeing 737 MAX (138 lugares) sai por quase US$ 100 milhões –, as empresas aéreas recorrem a financiamentos de longo prazo, em grande parte supridos por organismos governamentais de fomento à exportação, para efetivar o negócio. Fabricantes com um portfólio variado, com aviões de diferentes portes, levam vantagem, pois podem oferecer a venda casada de produtos. Uma linha de jatos ampla também reduz custos de operação, manutenção e treinamento de pilotos e comissários.

RAIO X DO SETOR

Companhias aéreas devem comprar 6,4 mil novos jatos regionais de 70 a 130 assentos nos próximos 20 anos

DEMANDA EM ALTA

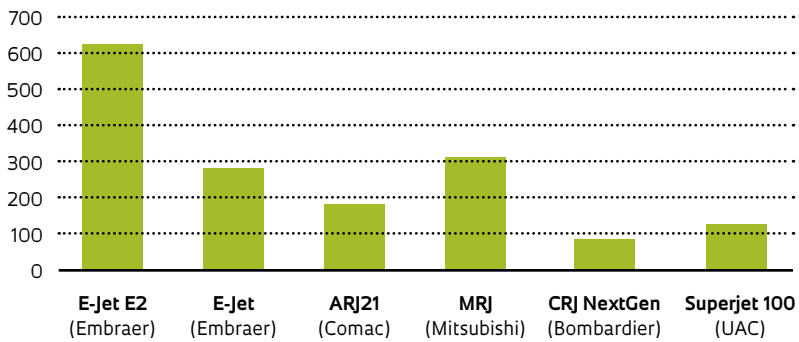
Projeção de vendas até 2036



*COMUNIDADE DOS ESTADOS INDEPENDENTES, QUE INCLUI A RÚSSIA E ALGUMAS EX-REPÚBLICAS SOVIÉTICAS.
FONTE *EMBRAER MARKET OUTLOOK 2017*

DIVISÃO DO SEGMENTO REGIONAL

Previsão de entregas até 2028



FONTE RELATÓRIO *GLOBAL FLEET & MRO MARKET FORECASTS*, DA CONSULTORIA OLIVER WYMAN

A demanda apenas por novos jatos regionais, segundo o estudo *Embraer market outlook 2017*, partirá principalmente da América do Norte (32% do total) e da região Ásia-Pacífico (27%). O mercado chinês é um dos que mais devem crescer no período. A fim de incentivar a aviação regional, o governo local tem estimulado as companhias do país a investir principalmente na compra de aviões de até 100 assentos, em vez de priorizar aeronaves maiores.

Não por acaso, a Embraer anunciou recentemente planos para construir uma fábrica no país asiático. Hoje, a companhia domina o mercado de aviação regional na China com quase 80% de participação. Segundo a empresa, o estabelecimento de uma nova operação industrial no país depende de dois fatores: encontrar condições adequadas para uma parceria com uma empresa local e o volume de pedidos que a nova família de E-Jets E2 receberá de clientes chineses.

A brasileira manteve uma operação industrial na China por mais de 10 anos, entre 2003 e 2016, por meio de uma *joint venture* com a companhia Harbin Hafei Aviation Industry – a parceria foi encerrada quando os chineses decidiram iniciar uma produção própria sozinhos. Na época, foram produzidos por lá o avião regional ERJ-145 e o executivo Legacy 650. A Airbus opera desde 2008 uma linha de montagem em Tianjin, quinta maior cidade chinesa, para finalização do A320, e a Boeing está construindo, em parceria com a chinesa Comercial Aircraft Corporation of China (Comac), uma planta para produzir o 737 MAX em Zhoushan, no leste do país.

Empresa estatal, a Comac desenvolveu o jato regional ARJ21, para cerca de 100 passageiros, primeiro avião comercial projetado no país e lançado no mercado em 2016. Atualmente, trabalha em um modelo maior, com 160 assentos, o C919, em fase de testes, que tentará quebrar a hegemonia dos bem-sucedidos A320 e B-737. O programa do ARJ21, iniciado em 2002, tem origem em um contrato dos anos 1980 com a norte-americana McDonnell Douglas. Segundo a Comac, 435 unidades do novo modelo regional já foram encomendadas por 21 clientes.

OUTROS CONCORRENTES

A fabricante chinesa é um dos três atores que tentam quebrar o duopólio Embraer-Bombardier no mercado de aviação regional – os outros são a russa United Aircraft Corporation (UAC) e a japonesa Mitsubishi Aircraft Corporation. Os russos fizeram o primeiro voo do Sukhoi Superjet 100, com capacidade para 98 passageiros, em 2008. A estreia comercial do avião aconteceu em 2011. Cinco anos depois, os aviões foram proibidos temporariamente de voar pela autoridade aeronáutica da Rússia por apresentar problemas na fuselagem.

O terceiro competidor, o jato MRJ (Mitsubishi Regional Jet), também enfrenta percalços. O programa foi lançado há 10 anos, mas até agora nenhuma unidade foi entregue. Seu desenvolvimento sofreu seguidos atrasos, o que motivou cancelamentos de pedidos. A japonesa projetou dois modelos, com capacidade de 70 a 90 ocupantes, e estima que o primeiro jato entre em operação em meados de 2020, sete anos após o prazo original.

Especialistas apontam que os jatos feitos por chineses e russos são tecnologicamente inferiores e estão sendo produzidos para atender o mercado interno de seus países. Já o avião japonês é uma incógnita. Por isso, é pouco provável que os três novos competidores ameacem a liderança da Embraer. ■ Yuri Vasconcelos

EMBRAER

Funcionários da Embraer trabalham na montagem de um avião. A empresa fabrica atualmente sete modelos de jatos comerciais

Engenharia de alto nível

Reconhecida mundialmente por sua qualificação, equipe técnica da Embraer é motivo de cobiça da gigante norte-americana

O destino do Departamento de Engenharia da Embraer, composto por 4 mil engenheiros, é um tema sensível nas negociações da aliança com a Boeing. O corpo técnico da brasileira, responsável pela criação de novas aeronaves e melhorias nas já existentes, é reconhecido por sua criatividade, capacidade de inovar e de encontrar soluções para problemas aeronáuticos. A empresa investe anualmente US$ 600 milhões em projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), que estão na origem das inovações tecnológicas incorporadas a suas aeronaves.

"A cultura da engenharia brasileira é muito rica em conhecimento, com uma visão holística e voltada para aplicações reais, o que dá suporte para estimular novas aplicações em inovação", afirma Antonini Puppin-Macedo, diretor-geral do Centro de Pesquisa e Tecnologia da Boeing no Brasil.

Na média, os engenheiros brasileiros são mais jovens do que os da Boeing, que enfrenta um envelhecimento de sua equipe. Isso é um problema para a norte-americana, uma vez que a indústria aeroespacial dos Estados Unidos já não exerce grande fascínio sobre os recém-formados – muitos preferem as empresas de tecnologia da informação e comunicação do Vale do Silício, na Califórnia. No Brasil, pelo contrário, a Embraer e o polo aeronáutico têm demonstrado capacidade de atrair novos talentos.

Um dos motivos do sucesso da engenharia da Embraer é a qualificação de seus profissionais. A Embraer investe desde o ano 2000 em um mestrado profissionalizante com o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). O Programa de Especialização em Engenharia já formou cerca de 1.500 engenheiros e 200 projetistas, boa parte deles contratada pela empresa. "Hoje, a Embraer tem uma área de projeto, design e concepção de aeronaves

competente, que é cobiçada pela Boeing", conta o engenheiro Jorge Eduardo Leal Medeiros, professor do Departamento de Engenharia de Transportes da Poli-USP.

Não faltam exemplos de bons projetos desenvolvidos pela empresa brasileira. Na área militar, o EMB-312 Tucano, lançado na década de 1980, é um turboélice para treinamento que simula a pilotagem de um jato, reduzindo o custo de formação de pilotos, enquanto o novo cargueiro KC-390 é um avião de transporte militar de ponta, equipado com tecnologias avançadas (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 225*). Já os jatos regionais da nova família E2 são menos poluentes, mais silenciosos e cerca de 10% mais econômicos do que seus concorrentes diretos, os aviões do Programa C Series da Bombardier, recentemente comprado pela Airbus.

Uma preocupação dos analistas é o que ocorrerá com a área de engenharia da Embraer caso a operação com a Boeing se concretize. A companhia funciona hoje com uma estrutura integrada, que atende suas três divisões: aviação comercial, executiva e militar. Conforme a demanda de projetos, ocorre um deslocamento de engenheiros entre as áreas civil e de defesa. No caso de uma aquisição pela Boeing, ainda que parcial, há o risco de uma cisão do corpo técnico que, segundo analistas, poderá inviabilizar a empresa.

Embora a Embraer tenha uma excelente engenharia, as demais atividades de P&D correlatas são pequenas quando comparadas às desenvolvidas pela Boeing, que tem pesquisas importantes em aviônica (a eletrônica aplicada à aviação), materiais, sistemas aeronáuticos, entre outros.

A Embraer também é atraente por causa de sua capacidade de produção e inteligência de mercado. A empresa tem uma estrutura produtiva moderna, com elevado investimento em automação e digitalização de processos produtivos, em direção às tecnologias da chamada indústria 4.0, além de faro para identificar novos nichos de mercado.

ATUAÇÃO CONJUNTA

Caso a parceria entre Boeing e Embraer se concretize, será a confirmação de um processo de aproximação que já vem de alguns anos. Desde 2011, a brasileira tem um acordo com a norte-americana para estudos conjuntos nas áreas de biocombustíveis e segurança de voo e, mais recentemente, em ações de marketing, venda e suporte do avião de transporte multimissão KC-390. As duas empresas também já trabalharam juntas na integração de armas inteligentes da Boeing ao turboélice Super Tucano (*ver infográfico ao lado*).

A Boeing inaugurou em 2014 seu Centro de Pesquisa e Tecnologia em São José dos Campos. De pequeno porte, tem foco na pesquisa em biocombustíveis, metais, aerodinâmica e eficiência operacional. "Estabelecemos um modelo colaborativo de inovação, combinando atividades no centro local com ações de outras unidades de P&D da Boeing nos Estados Unidos e no mundo, somando a parceria com instituições de pesquisa no Brasil e universidades estratégicas nos Estados Unidos", explica Puppin-Macedo.

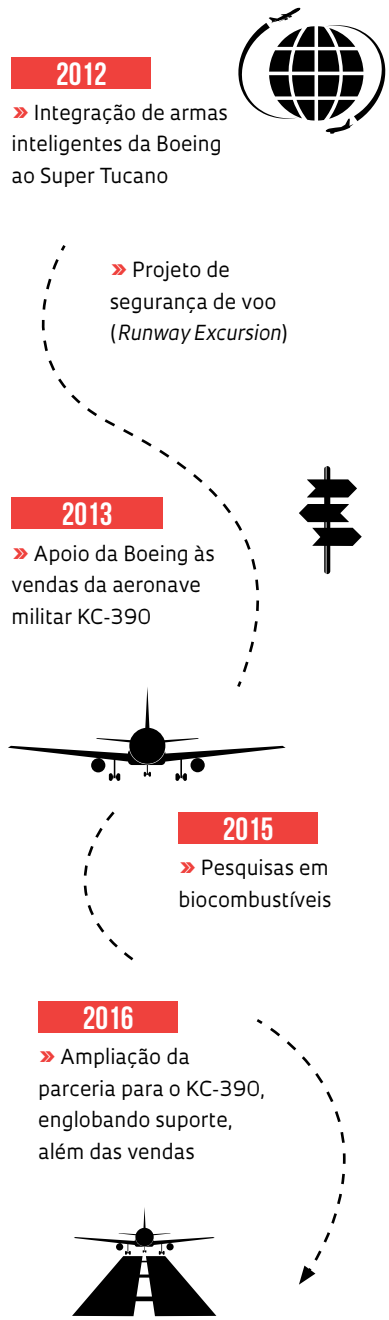
O centro brasileiro integra uma rede de 11 unidades da Boeing espalhadas pelo globo, sendo cinco nos Estados Unidos e seis em outros países. "O Brasil tem alguns dos engenheiros e cientistas mais inovadores do mundo. Nossa estrutura em São José dos Campos abriga algumas das mentes que constroem o futuro da aviação", afirma o executivo. Segundo ele, a Boeing investe globalmente mais de US$ 3 bilhões em P&D por ano e está presente em cerca de 65 países com fábricas próprias, centros de manutenção ou escritórios comerciais.

A Embraer também tem atuação global. Seus 18 mil empregados estão distribuídos por três fábricas no Brasil – em São José dos Campos (aviação comercial e executiva), Gavião Peixoto (militar e componentes para comercial) e Botucatu (aeronaves agrícolas) – e quatro no exterior. Em Melbourne e Jacksonville, ambas na Flórida (EUA), são produzidos, respectivamente, aviões executivos e militares, enquanto em Évora, Portugal, o foco das duas unidades industriais são materiais compostos e estruturas metálicas usadas na fabricação dos aviões.

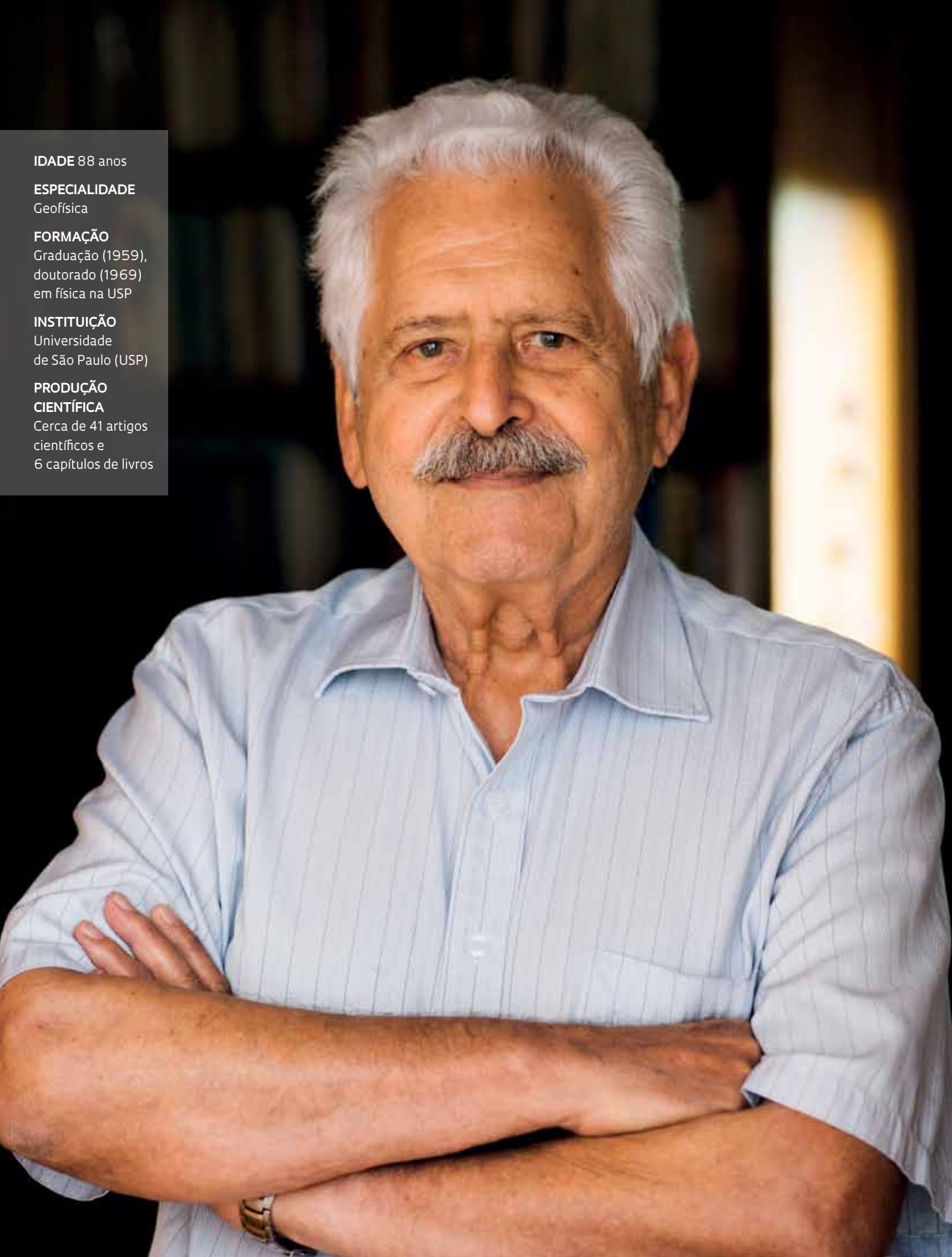
Analistas afirmam que manter um corpo de engenharia robusto é vital para que a indústria aeronáutica supere os desafios futuros. O mercado exige aviões cada vez mais econômicos, silenciosos, confortáveis e menos poluentes. As pesquisas para uso de propulsão elétrica estão avançando e o emprego de materiais compostos, mais leves do que o alumínio, deve crescer nos próximos anos. Esses são alguns desafios que a aviação precisa superar para se manter na vanguarda das inovações. ■ Yuri Vasconcelos

Parceria tecnológica

Embraer e Boeing atuam há seis anos em projetos conjuntos de P&D



FONTE BOEING



IDADE 88 anos

ESPECIALIDADE
Geofísica

FORMAÇÃO
Graduação (1959), doutorado (1969) em física na USP

INSTITUIÇÃO
Universidade de São Paulo (USP)

PRODUÇÃO CIENTÍFICA
Cerca de 41 artigos científicos e 6 capítulos de livros

Em busca dos segredos do interior **da Terra**

Físico abriu caminho para a pesquisa em geofísica no Brasil e estudou os movimentos dos continentes por meio da variação do campo magnético do planeta

Carlos Fioravanti e **Bruno de Pierro**

RETRATO Léo Ramos Chaves

O que não se pode dizer de uma conversa com Igor Pacca é que seja autocentrada, mesmo que o pedido inicial dos repórteres tenha sido para ele falar sobre sua trajetória pessoal e profissional. Com delicadeza, aos 88 anos, Pacca lembra dos professores que admira e das pessoas que dirigiram e ajudaram a criar o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG-USP), do qual ele foi um dos primeiros professores, na década de 1970, chefe do Departamento de Geofísica durante 10 anos não consecutivos e diretor, de 1993 a 1997. Com gosto, ele fala do interior da Terra, contando do sempre inquieto campo magnético do planeta, que fundamenta sua área de trabalho, o paleomagnetismo – o estudo da evolução e das mudanças de polaridade do campo magnético, com base no registro de óxidos de ferro e outros materiais ferromagnéticos preservados no interior de rochas. É uma forma de conhecer a história da Terra e os movimentos dos continentes. Pacca, com suas equipes, mostrou que os blocos de rochas que hoje separam a Amazônia do Centro-Oeste e do Nordeste já estiveram separados por um mar, estavam colados com blocos da atual América do Norte, e todos próximos ao atual polo Sul.

Sua mulher, Jesuína Pacca, e seu único filho, Sérgio, são professores da USP, ela do Instituto de Física, ele na Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Quando possível, Pacca reúne a família em seu sítio em Serra Negra, no interior paulista, onde planta café para consumo próprio. As fotos expostas em frente a um dos armários de sua sala no IAG, para onde vai quase todo dia, retratam lugares que visitou em suas expedições de campo e um laboratório do IAG no Parque do Estado, a antiga sede, no

qual trabalhou. Duas imagens chamam a atenção: ele cumprimentando dois ex-presidentes, Fernando Henrique Cardoso e Luiz Inácio Lula da Silva. "Não tenho preconceitos", ele diz antes de explicar que conheceu o primeiro em 1998, quando recebeu o título de comendador da Ordem Nacional do Mérito Científico, e o segundo em 2007, ao receber outra premiação, a Grã-Cruz, também dessa ordem.

Por que o senhor gosta de olhar para dentro da Terra?
Porque é fascinante, tem muita coisa para ver. E, claro, muito não conseguimos ver. Os buracos mais profundos chegaram a apenas 13 quilômetros [km], depois disso as brocas diamantadas amolecem, quebram, entortam. As medidas em geral são indiretas. Quando se faz uma perfuração para extrair petróleo, pode-se obter muita informação sobre o interior da Terra. Fontes de informação importantes são as ondas sísmicas, geradas pelos tremores de terra, cuja velocidade depende da variação de densidade das camadas internas do planeta. Os parâmetros elásticos das rochas e a atração gravitacional ajudam a ver a distribuição de massa no interior da Terra. Ainda há muito por saber. Em 1910, o geofísico croata Andrija Mohorovičić [1857-1936] propôs a primeira superfície de separação do interior de nosso planeta, chamada de Moho, entre a crosta e o manto, a 10 km de profundidade nos oceanos e a 40 km nos continentes. Outra descontinuidade ocorre a cerca de 3 mil km de profundidade, separando o manto do núcleo. Essa separação é fantástica, porque é muito drástica. Há mudanças não só na pressão e na densidade, mas também nos materiais, de rochas sólidas do manto, formadas principalmente por silicatos de ferro e magnésio, para ferro líquido, do núcleo. É líquido porque atingiu a temperatura de fusão, que depende da pressão. Na superfície da Terra, ao nível do mar, a temperatura de fusão do ferro é de 1.500 graus Celsius [ºC]. Os três estados da matéria são também chamados de estados de agregação, significando que os átomos nos sólidos estão muito mais juntos do que nos gases e, portanto, a pressão de mega-atmosferas pode superar a ação da temperatura, que procura desordenar e separar os átomos. Mas no núcleo interno a pressão é tão alta que supera a ação da temperatura. No núcleo existe também uma pequena quantidade de algum elemento químico mais leve que o ferro. Pode ser hidrogênio, carbono, potássio, não sabemos o que é. Se fosse só ferro, a massa do núcleo e a da Terra seriam muito maiores.

> "O ano tem a mesma duração, mas o dia varia. Há 400 milhões de anos, o ano tinha 400 dias

De onde vem o campo magnético do planeta, seu objeto de trabalho?
Vem do núcleo. A ideia de que a Terra é um imenso ímã bipolar é bem antiga, do século XIII, mas até hoje os processos de geração do campo geomagnético não são completamente entendidos. A energia necessária para gerar o campo geomagnético pode vir da convecção, produzida pela variação de temperatura nas camadas mais internas da Terra. É como o movimento da água fervendo na panela, a água que esquenta sobe e a que esfria desce, formando células de convecção. Na verdade, é mais complicado porque, no caso da Terra, a convecção depende da variação de temperatura e da composição dos materiais. A rotação da Terra também é importante. Os modelos teóricos de campo geomagnético são chamados de modelos de dínamo, como os usados em máquinas elétricas, com um ímã e uma bobina, para converter energia mecânica em elétrica. No interior da Terra, muitos dínamos, alguns mais fortes e outros mais fracos, transformam a energia mecânica da rotação em energia eletromagnética. Por isso que o campo magnético da Terra passeia sempre pelo seu interior e exterior.

O que o paleomagnetismo tem mostrado sobre a história do globo terrestre?
O paleomagnetismo ajuda a ver a movimentação dos continentes, as colisões e as junções. Esses movimentos, que necessitam de uma grande quantidade de energia, podem dar uma indicação de processos do interior da Terra. Uma de minhas pesquisas mostrou que o bloco de rochas que hoje forma a Amazônia estava separado de Goiás e do Nordeste por mares, mais próximo da porção sul do país e quase colado ao que seria a América do Norte. Outra pesquisa coordenada por três geofísicos aqui do IAG – Wilbor Poletti, Gelvam Hartmann e Ricardo Trindade –, com base em fragmentos de ruínas do sul do Brasil, indicou a variação do campo magnético terrestre há 350 anos (*ver* Pesquisa FAPESP *nºs 75 e 244*). Uma das grandes descobertas dessa área é que a polaridade do campo magnético da Terra está sempre mudando. Há 700 mil anos a polaridade era totalmente oposta, o norte onde hoje é o sul, e o sul onde é o norte. Ninguém sabe por quê. Alguns anos atrás a maior intensidade do campo no hemisfério Norte era o polo Norte, mas hoje não é mais. Há um lugar na Sibéria em que o campo é mais intenso.

O que está estudando atualmente?
Tenho me interessado pela relação entre a rotação da Terra e a frequência de reversões de polaridade do campo geomagnético, que refletem os movimentos do núcleo externo. A rotação da Terra está intimamente ligada ao campo magnético e a suas variações, que nos últimos milhões de anos não foram periódicas. O problema é que a velocidade de rotação não é constante e varia por muitos motivos, como o atrito das marés, na interação com a Lua. Além disso, a Terra não é rígida, mas também não é elástica, ou seja, demora para se deformar. A Lua se opõe à rotação e, por causa da atração gravitacional, causa uma deformação aqui e ali, mas a deformação máxima

ARQUIVO PESSOAL

Serra Geral, na região Sul, com 2 mil km² e dezenas de derrames basálticos

só vai ocorrer quando a Terra girar um pouco mais, exatamente porque ela não é elástica. Esse jogo de forças faz com que o ano tenha a mesma duração, mas o dia varia. Um jeito fácil de guardar essa variação: há 400 milhões de anos, o ano tinha 400 dias. Hoje a Terra está girando mais devagar, portanto o número de dias é menor, e a Lua está cada vez mais distante. Há outros fatores influenciando a rotação da Terra. Quando uma placa tectônica mergulha da superfície para o interior da Terra, a distribuição de massa muda. Pode mudar também quando as geleiras derretem e o nível dos oceanos sobe. É como uma bailarina, que gira mais devagar quando põe os braços para fora e mais rapidamente quando encolhe os braços, por causa do momento de inércia e da conservação do momento angular. Infelizmente, os dados sobre variação do nível do mar ao longo de milhões de anos são escassos, mas podemos ter uma ideia dessa variação e da temperatura por meio da proporção entre dois isótopos de oxigênio, o O^{16} e O^{18}. A água do mar tem os dois isótopos, mas o 16, mais leve, evapora mais facilmente quando a temperatura aumenta. Inversamente, o 18 é o mais comum quando a temperatura cai e o mar esfria. Medindo a relação entre os dois, em conchas antigas, podemos saber se a temperatura subiu ou desceu, ou se o gelo estava concentrado nos polos.

O campo magnético interfere em nosso dia a dia?

Há uma região em que a intensidade do campo magnético é muito menor, a Anomalia do Atlântico Sul, cujo deslocamento ajudamos a definir aqui no IAG. Os tripulantes das estações espaciais têm de se proteger dos raios cósmicos com uma blindagem pesada quando passam pela anomalia. O campo magnético barra os raios cósmicos que chegam do Sol ou de fora da galáxia e também interfere no funcionamento dos satélites de comunicações.

O senhor é um geofísico que começou como físico?

Fiz doutorado em física da radiação cósmica com César Lattes [1924-2005]. Meu orientador oficial era Celso Orsini [1929-2014], mas na prática foi com Lattes que trabalhei durante sete anos. Dizem que ninguém nunca conseguiu trabalhar com ele tanto tempo... Lattes era um gênio, mas muito imprevisível, não cumpria compromissos, mandava Orsini e eu no lugar dele às reuniões do CNPq [Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico], em Brasília. Lattes era professor e pesquisador na UFRJ [Universidade Federal do Rio de Janeiro] e no CBPF [Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas] e veio para a USP em 1960, convidado por Mário Schenberg [1914-1990], que era o chefe do Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras [atual FFLCH] da USP. Lattes não suportava prestar concurso. Ele esteve para fazer um concurso na Faculdade Nacional de Filosofia, do Rio. Orsini e eu levamos a tese, fizemos a inscrição dele, e ele não foi. Depois, aqui na USP, ele insistiu para que fosse aberto um concurso para qualificação de professor na Faculdade de Filosofia, ainda na rua Maria Antônia. Abriram um concurso, e de novo Orsini e eu fizemos a inscrição, e ele não compareceu. Quem se inscreveu e passou no concurso foi Jayme Tiomno [1920-2011], mas não ficou muito tempo.

Por quê?

Como professor catedrático, Tiomno foi convidado para dar a aula inaugural dos cursos da USP em 1969. Na época, o reitor era o Mário Guimarães Ferri [1918-1985], que estava viajando. Quem apareceu foi o vice, Alfredo Buzaid [1914-1991], muito ativo durante o regime militar. Tiomno tinha trabalhado na Universidade de Brasília e achou que era uma boa ocasião para botar para fora tudo o que ele havia sofrido na capital federal. E realmente falou dos problemas que enfrentou em Brasília. Buzaid estava na mesa e só olhava torto. Naquele mesmo ano, o vice-reitor foi nomeado ministro da Justiça do governo Médici [1969-1974], houve uma safra de cassações e Tiomno foi um deles. Durante essa época terrível saíram muitos professores da Física. Vínhamos trabalhar e tínhamos primeiro de passar por uma barreira de policiais, logo na entrada do *campus*.

O senhor sofreu algum tipo de pressão?

Eu não era muito ativo nessa área. Mas fui várias vezes falar com Schenberg, que também tinha sido cassado e estava no Dops [Departamento de Ordem Política e Social], para resolver um problema ou pegar a assinatura dele. Os professores cassados eram proibidos de entrar na universidade e aposentados compulsoriamente. José Goldemberg [presidente da FAPESP desde 2015] e Oscar Sala [1922-2010, presidente da FAPESP de 1985 a 1995] também eram professores muito conceituados, mas de pouca atuação política. Sala era até estrangeiro, nascido em Milão, na Itália. E, além dos professores, havia os estudantes, que participavam muito da política.

ARQUIVO PESSOAL

Pacca em trabalho de campo em 1997 em Vila Bela da Santíssima Trindade, Mato Grosso

Por que resolveu estudar física?
Foi acidental. Fui criança pobre e tive de trabalhar cedo para ajudar minha mãe. Meu pai abandonou a família quando minha irmã tinha 5 anos e eu estava por nascer. Moramos muito tempo no centro da cidade, na rua Asdrúbal do Nascimento. Foi lá que tive meu primeiro emprego de carteira assinada. Aos 14 anos, comecei a trabalhar como office boy no departamento de construções da Light. Eu ganhava meio salário mínimo. Fiquei de 1944 a 1946 na Light e depois fui para uma empresa de telégrafos, a All America Cables and Radio Inc. Era tudo feito por telégrafo. A comunicação não era imediata, mas em 15 minutos, por cabos submarinos, chegava a cotação da bolsa de valores de Londres ou Nova York. Entre o final do curso secundário [atual ensino médio] e a faculdade fiquei um tempo sem estudar, tinha de ajudar minha mãe. Fiz vestibular para engenharia, mas fui reprovado em matemática. Como havia um segundo exame na Faculdade de Filosofia, fiz inscrição para química, mas havia poucas vagas sobrando no meio do ano e cancelaram a prova. Então fiz física e entrei, em 1959, tirando 10 no exame escrito e no oral de matemática. Foi acidental, mas gostei muito.

E como entrou na geofísica?
Em 1967, Lattes aceitou o cargo de professor titular no novo Instituto de Física da Unicamp [Universidade Estadual de Campinas], mudou-se para Campinas e o grupo de pesquisa da USP se desfez. Fui atraído pela geofísica para poder trabalhar em uma área que tivesse relação com o Brasil. Na época me incomodava fazer ciência sem relação com o país, mas não havia nada de geofísica no Brasil. O IAG era ainda um instituto complementar da USP. Veio parar na USP em 1955 porque um dos diretores brigava com todo mundo e o instituto pulava de uma secretaria de Estado para outra e chegou uma hora que estava completamente órfão. Em 1968, quando fizeram a reforma universitária e criaram os institutos de ensino e pesquisa, o IAG ficou de fora. Na Física, havia vagas para professores de geofísica, mas nunca preencheram. Comecei a ver quais eram as grandes questões da geofísica, em sismologia, um campo fundamental porque diz como é a Terra por dentro, e gravimetria, o estudo da gravidade. Já era amigo de Umberto Cordani, professor do Instituto de Geociências que foi muito importante no início da geofísica. Um dia Cordani contou que um geofísico inglês, Kenneth Michael Creer**,** um dos pioneiros do paleomagnetismo, tinha começado um laboratório em Curitiba, e não foi adiante, mas deixou os aparelhos lá. Na Inglaterra, Creer e Patrick Blackett [1897-1974], que foi presidente da Royal Society, tinham começado a determinar a direção de polo magnético de rochas de diferentes idades da Europa.

O que eles viram?
Viram que o norte das rochas não era o mesmo do da Terra. Como acharam que esse mistério ficaria mais claro se trabalhassem com rochas de mais de um continente, Creer coletou amostras de rochas do Brasil, da Argentina e do Uruguai na década de 1960 para estudar o movimento dos continentes. Havia uma briga danada entre fixistas, que diziam que os continentes eram fixos, e mobilistas, que defendiam que os continentes se moviam. A movimentação dos continentes era uma ideia antiga. Era só olhar para o litoral da África e da América do Sul e ver que se encaixam. Em 1913 Alfred Wegener [1880-1930] publicou o livro *A origem dos continentes e oceanos*, mas exagerou nos argumentos e, por essa e outras razões, não foi muito bem-aceito na época. A briga foi até a década de 1970. Falamos com Creer, ele cedeu os equipamentos e Cordani e eu fomos buscar em Curitiba. Eram essencialmente bobinas de desmagnetização e de Helmholtz, que geram campo magnético para eliminar o campo magnético da Terra, que é pouco intenso, mas tem de ser contido, para fazer as medidas de magnetização de rochas. Montamos o laboratório de paleomagnetismo no Instituto de Física.

Quais seus primeiros trabalhos na área?
Depois de montar o laboratório, contratamos um geofísico argentino, Daniel Valencio, que tinha trabalhado com Creer na Inglaterra, e começamos a trabalhar. Ele veio para cá e depois passei alguns meses na Argentina. O primeiro estudo tratou da polaridade das rochas do arquipélago de Abrolhos, o que permitiu conhecer melhor a história da formação das ilhas, que começou há 60 milhões de anos e já era estudada antes pelo Cordani. Esse trabalho saiu em 1972 na *Nature Physical Science*, indicando o grande interesse por essa área na época. Ficamos na Física até 1972, quando o IAG foi oficialmente incorporado como unidade de ensino e pesquisa da USP. Antes disso, o IAG, que vem da época do Império, ainda estava sem destino certo na USP. Havia muitas possibilidades, como a incorporação pelo Instituto de Geociências, pelo Instituto de Física ou pela Escola Politécnica, mas o então diretor do IAG, Abrahão de Moraes [1917-1970], que era professor de cálculo na Poli, não gostava de nenhuma. Tive a sorte de ser aluno dele por dois anos. Ele queria que o IAG fosse um instituto de ensino e pesquisa para desenvolver a astronomia, a geofísica e a meteorologia.

Como resolveram o destino do IAG?
Em dezembro de 1970, não estava nada resolvido ainda quando Abrahão morreu, de repente. O reitor era o Miguel Reale [1910-2006], que gostava do Abrahão. No enterro, ele fez um discurso, à beira do túmulo: "Aquele instituto que você tanto queria, Abrahão, vou fazer força para conseguir". E o instituto saiu, como unidade de ensino e pesquisa da USP, em 1972. Os três departamentos – astronomia, geofísica e meteorologia – foram criados nessa ocasião. Com astronomia não havia problema, era a atividade tradicional do instituto. Além disso, três estudantes que Abrahão tinha mandado fazer doutorado no exterior, Paulo Benevides Soares [1939-2017], José de Freitas Pacheco e Sílvio Ferraz-Mello, já tinham voltado e ingressaram logo no instituto. Na meteorologia, já existia a estação meteorológica, nessa época no Parque do Estado, na zona sul de São Paulo, ainda sem professores. O diretor do instituto, Giorgio Giacaglia, trouxe estrangeiros, mas não deu certo. Só deu certo quando mandaram Pedro Leite da Silva Dias [atual diretor do IAG] e Maria Assumpção Dias, recém-formados em matemática, fazer doutorado nos Estados Unidos para depois atuarem como professores e pesquisadores dessa área. A geofísica não tinha nada. A universidade exigia que o departamento tivesse pelo menos cinco docentes, em três categorias. Um deles era o próprio Giacaglia, professor titular da Poli, que tinha trabalhado com geodésia dinâmica. Vieram dois geólogos emprestados da Geociências, Cordani e Koji Kawashita. Virei chefe do departamento, porque tinha feito doutorado em física e era o único em tempo integral. Contratamos um auxiliar de ensino, Francisco Hiodo, e, por meio do Creer, conseguimos uma vaga para um doutorado na Escócia, para onde mandamos Marcelo Assumpção, recém-contratado, para depois ser professor aqui. Eu ajudava a escolher os nomes. Além de ser chefe de departamento, eu dava aula de geofísica. O primeiro mestrado foi o de Márcia Ernesto, em 1978. Ela fez a iniciação científica e o mestrado comigo, em paleomagnetismo. Aí começamos a acreditar mais no departamento. Agora não vai morrer, está formando gente.

Como começaram os cursos de graduação no IAG?

> "Fui atraído pela geofísica para poder trabalhar em uma área que tivesse relação com o Brasil

Pretendíamos criar logo os cursos de graduação. O de meteorologia foi mais fácil, porque era a vocação do instituto, e começou em 1975. O de geofísica é que foi difícil. Enfrentamos muita oposição das associações de geólogos, que não queriam mais concorrentes, do mesmo modo que os engenheiros de minas não queriam concorrentes quando se criaram os cursos de geologia no Brasil, no final da década de 1960, numa época em que se descobriu que o país tinha recursos minerais, mas não havia mão de obra em quantidade e qualidade necessária. Conseguimos mostrar que as atribuições de geólogos e geofísicos eram diferentes, e por fim o curso começou, em 1985. O curso de graduação em astronomia veio bem depois porque, no início do instituto, os astrofísicos achavam que não precisavam criar um curso de graduação e poderiam se virar com alunos de pós-graduação. Hoje os três cursos e os três departamentos são fortes, talvez os mais fortes do Brasil, por causa da qualidade dos professores e dos estudantes. Na geofísica, avançamos bastante com as colaborações internacionais. Tínhamos problemas científicos que interessavam a cientistas estrangeiros.

Qual seu trabalho científico de que mais se orgulha?
Foi o longo trabalho sobre o magmatismo da serra Geral, que se estende pela região Sul, uma parte do Paraguai, da Argentina e do Uruguai. Foi uma colaboração com grupos italianos, principalmente com Enzo Piccirillo, da Universidade de Pádua e depois de Trieste, e Piero Comin-Chiaramonti, de Verona. É um platô, com dezenas de derrames basálticos, que se estende por quase 2 mil km^2. Tem lugares em que a espessura do basalto é de quase 2 km. Os geólogos já tinham estudado essa região, mas havia duas grandes incógnitas. A primeira era a idade dos derrames basálticos, porque na década de 1970, quando começamos a trabalhar lá, o método de datação ainda era potássio argônio, com uma incerteza muito alta. A outra era sobre a rapidez com que ocorreram os derrames dessa região. Os geólogos pensavam que teriam demorado muito para ocorrer. O paleomagnetismo conseguiu resolver essas duas questões. Vimos que os derrames na região começaram há cerca de 150 milhões de anos, atingiram o auge há 127 milhões e depois foi sossegando. Vimos também que foi relativamente rápido. Seis derrames em menos de 1 milhão de anos é pouco tempo, considerando o volume de lava. Era um volume fantástico, que saía por fissuras do antigo continente formado pela América do Sul e África. Quando os continentes eram muito grandes, o calor se acumulava até fundir a litosfera, a camada mais externa da Terra, e sair. Esse trabalho na serra Geral seguiu por uns 20 anos e formou muitos mestres e doutores.

O senhor ainda faz coletas de campo?
A viagem mais recente foi em 2008. Fui para Camarões, na África, e passei um mês coletando amostras de rochas no interior do país. Camarões tem formações vulcânicas mais ou menos alinhadas que vêm do oceano e entram no continente. Isso é muito relevante para quem estuda o paleomagnetismo da Terra. Foi inesquecível também por outra razão. Estávamos no interior de Camarões, que tem uma cultura completamente diferente da nossa, e um dos moradores, vendo que uma das pesquisadoras do meu grupo trabalhava muito, perguntou-me se eu não queria trocá-la por algumas cabras. ■

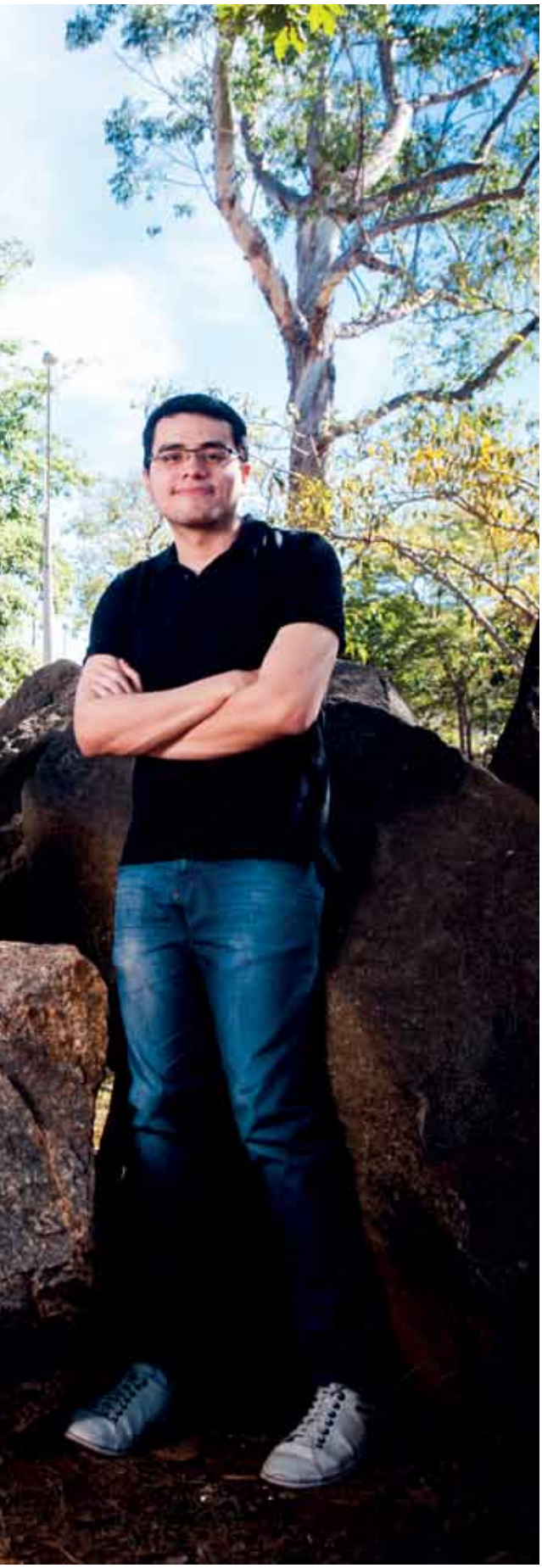
Empreendedores precoces

Estudo da OCDE coloca o Brasil entre os países com grande proporção de startups criadas por estudantes ou recém-formados

Bruno de Pierro

Um relatório elaborado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) mostra que o empreendedorismo praticado por universitários ou recém-formados tem destaque em países como Canadá, Austrália, Índia e Brasil. Nessas nações, a proporção de estudantes que fundam empresas de base tecnológica, as startups, é superior a 10% do total de empreendedores – uma taxa superior a de países como Estados Unidos, Israel, Reino Unido e França. A OCDE avaliou o perfil de startups registradas na base de dados Crunchbase, que reúne informações de aproximadamente 447 mil empresas inovadoras em 199 países. No caso do Brasil, contabilizaram-se apenas 290 startups, mas 12% delas tinham sido fundadas por estudantes de graduação ou recém-formados. Embora apresentem uma taxa de mortalidade expressiva, essas empresas servem como um termômetro da importância da inovação entre os jovens e chamam a atenção de grandes companhias interessadas em novos modelos de negócio.

Observou-se que, nos países analisados, os segmentos de jogos, transporte, educação e comércio on-line apresentam maior incidência de empreendedorismo estudantil. Não por coincidência, são áreas cujas inovações estão geralmente atreladas a softwares e aplicativos, e não exigem grande aporte de investimento para dar início às atividades. Já em setores como biotecnologia, saúde, energia e alimentos, as startups geralmente são criadas por pessoas mais experientes, que fazem ou concluíram a pós-graduação.



LÉO RAMOS CHAVES

Alex Matioli (*à esq.*) e Vinícius Freitas (*à dir.*) fundaram suas startups enquanto ainda cursavam a graduação

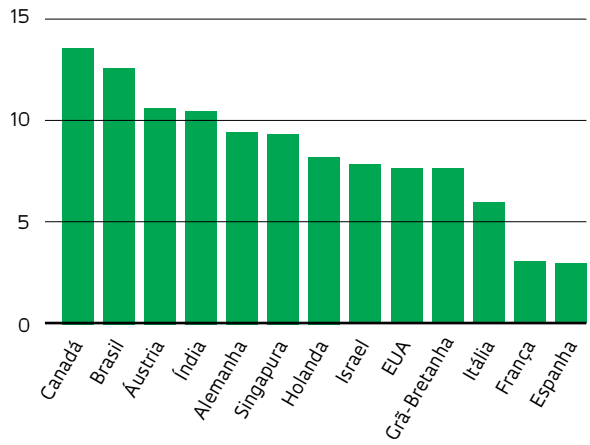
Rafael Ribeiro, diretor da Associação Brasileira de Startups (ABStartups), enxerga uma conjunção de fatores para explicar o interesse dos estudantes ou recém-formados. "Os jovens costumam ser mais tolerantes ao risco e isso faz com que possíveis fracassos os motivem a seguir adiante", avalia. "Somado a isso, o cenário de crise econômica torna o empreendedorismo uma opção atraente e uma promessa de independência financeira." De acordo com o documento da OCDE, o empreendedorismo estudantil também desperta interesse graças ao sucesso de empresas que se tornaram líderes mundiais, como o Facebook, a Microsoft e a Apple. Embora consideradas casos excepcionais, elas foram iniciadas quando seus fundadores – Mark Zuckerberg, Bill Gates e Steve Jobs, respectivamente – ainda estavam na graduação, que não foi concluída por nenhum deles.

O cientista da computação João Machini, de 29 anos, tem no currículo três empresas que ajudou a fundar no final da graduação no Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo (IME-USP). A mais recente, criada há quatro anos, é a WorldPackers, uma startup que disponibiliza vagas de trabalho voluntário no mundo todo. "Trata-se de um sistema colaborativo de albergues, pousadas e ONGs [organizações não governamentais] em que os viajantes trocam diárias por serviços temporários", explica. A plataforma tem mais de 1 milhão de usuários, que pagam uma taxa anual de US$ 49 para utilizar o serviço. Filho de professores universitários, Machini cogitou seguir carreira acadêmica, mas desistiu quando ainda fazia iniciação científica. "O empreendedorismo é muito dinâmico. Para que uma nova ideia seja validada, é preciso estar próximo dos consumidores, e isso as startups fazem melhor do que as grandes firmas, que têm processos internos mais burocráticos."

Uma tendência que ganhou impulso é o surgimento de programas criados por empresas como Microsoft, Google, Telefônica e Bradesco para acelerar o desenvolvimento de tecnologias em startups (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 226*). "Grandes companhias têm interesse em conhecer e absorver novos modelos de negócio criados em empresas nascentes. Muitas delas, como Uber, Airbnb e Nubank, para citar uma brasileira, cresceram rapidamente a ponto de ameaçar mercados tradicionais", explica Jaercio Barbosa, coordenador da Escola Superior de Empreendedorismo (ESE) do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de São Paulo (Sebrae-SP). "Programas de aceleração estimulam os jovens a criar empresas", observa Barbosa. A disponibilidade de incubadoras de empresas em universidades também tem um papel importante. "Os estudantes encontram nesses ambientes apoio institucional e orientação para aplicar conhecimento na forma de consultorias de tecnologia, administração e formatação comercial", explica Guilherme Ary Plonski, coordenador científico do Núcleo de Política e Gestão Tecnológica da USP.

Jovens no comando

Startups de países selecionados que foram fundadas por estudantes de graduação e recém-formados (em %)



FONTE OCDE, COM BASE NAS STARTUPS REGISTRADAS NA PLATAFORMA CRUNCHBASE

Criar uma startup durante a graduação, no entanto, pode se revelar uma decisão precoce e açodada, ressalva Mariana Zanatta Inglez, gerente da Incubadora de Empresas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). "Há casos de alunos que não conseguem conciliar os estudos com a vida de empreendedor", diz. "Isso pode prejudicar a formação do estudante, que ainda não está maduro o suficiente para comandar uma empresa." Alex Matioli, de 27 anos, cursa administração de empresas na Unicamp e divide o tempo entre as aulas, o emprego em uma luderia – um bar especializado em jogos de tabuleiro – e a Rubian, startup que fundou em 2015. "O objetivo é desenvolver extratos bioativos para aplicação em cosméticos e nutracêuticos, um tipo de suplemento alimentar." A empresa realiza pesquisas com urucum e maracujá em parceria com a Unicamp, com apoio do programa Pipe, da FAPESP. Para o estudante, um obstáculo que precisou superar foi a falta de recursos para tirar a empresa do papel. "Não queria contar apenas com a ajuda financeira dos meus pais, por isso comecei a trabalhar em um bar e a juntar dinheiro. Também foi fundamental a ajuda de um mentor empresarial, que se tornou sócio e investidor da Rubian."

Uma pesquisa divulgada no ano passado pelo Sebrae revela que apenas 28,4% dos estudantes cursaram na universidade uma disciplina relacionada ao empreendedorismo e, entre as que oferecem tais matérias, pouco mais da metade trata mais de reflexões sobre "ter inspiração" do que apresenta conhecimento prático. "O Brasil tem poucas escolas com a missão de formar empreendedores", sublinha Jaercio Barbosa, da ESE Sebrae-SP. Outro estudo realizado em 2016 pelas universidades de Berna e St. Gallen, na Suíça, aplicou um questionário a mais de 122 mil estudantes de mil universidades em 50 países. Observou-se que 80,3% dos alunos pretendiam trabalhar como funcionários imediatamente após concluírem a graduação. Apenas 8,8% demonstraram vontade de fundar a própria empresa ao terminarem os estudos. No entanto, 38,2% disseram que abririam um negócio depois de cinco anos de formados – tempo suficiente para fazer uma pós-graduação ou adquirir experiência no mercado de trabalho.

MATURIDADE

Vinícius Freitas, aluno de administração de empresas do Instituto de Ensino e Pesquisa (Insper), fez estágio de dois anos no mercado financeiro antes de fundar uma empresa. "Trabalhei com gente mais experiente e isso acelerou meu aprendizado. Se tivesse empreendido sem passar pelo estágio, as chances de meu negócio falhar seriam maiores." Aos 24 anos, Freitas é um dos sócios da LiveHere, startup com sede em Campinas que faz a mediação entre proprietários de imóveis e estudantes. "Temos uma plataforma que simplifica a contratação de aluguéis, sem que os estudantes precisem apresentar fiador ou cheque caução para alugar um imóvel", explica.

O levantamento da OCDE mostra que em países mais desenvolvidos, como Suíça, Dinamarca, Alemanha e Estados Unidos, a proporção de startups criadas por pessoas com doutorado é bem maior do que no Brasil. Nos Estados Unidos, empresas fundadas por indivíduos em torno dos 40 anos costumam dar mais certo do que aquelas concebidas por estudantes, na casa dos 20 anos, segundo estudo publicado em abril por pesquisadores do MIT e da Universidade de Northwestern no repositório do National Bureau of Economic Research (NBER). "Empreendedores mais maduros geralmente têm um olhar mais especializado, que é fundamental para desenvolver inovações mais robustas", observa Lucimar Dantas, gerente da Incubadora de Empresas do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe-UFRJ).

No Brasil, boa parte dos empreendedores estudantis ainda não completou ou tem apenas o bacharelado, como mostra a OCDE. "Isso influencia negativamente o teor de inovação tecnológica da empresa", explica Fabio Kon, professor de empreendedorismo digital do IME-USP e membro da Coordenação Adjunta de Pesquisa para Inovação da FAPESP. Para ele, não é o caso de desencorajar os estudantes mais novos a criar startups. Mas argumenta que é preciso discutir abertamente as limitações do modelo de empreendedorismo estudantil porque a mortalidade dessas empresas costuma ser maior e pode atrapalhar o desempenho acadêmico do estudante. Rafael Ribeiro, da ABStartups, observa que o caminho para os empreendedores muito jovens é árduo. "Muitos tendem a falhar quando não têm mentoria e ajuda adequada", diz Ribeiro. "Todo aluno deve aprender a se relacionar com a comunidade de startups para encurtar a sua curva de aprendizagem e conseguir validar seu produto ou serviço no mercado consumidor." ■

Promessa de

Cientistas da computação propõem veto a nova revista de inteligência artificial por ela não adotar acesso aberto

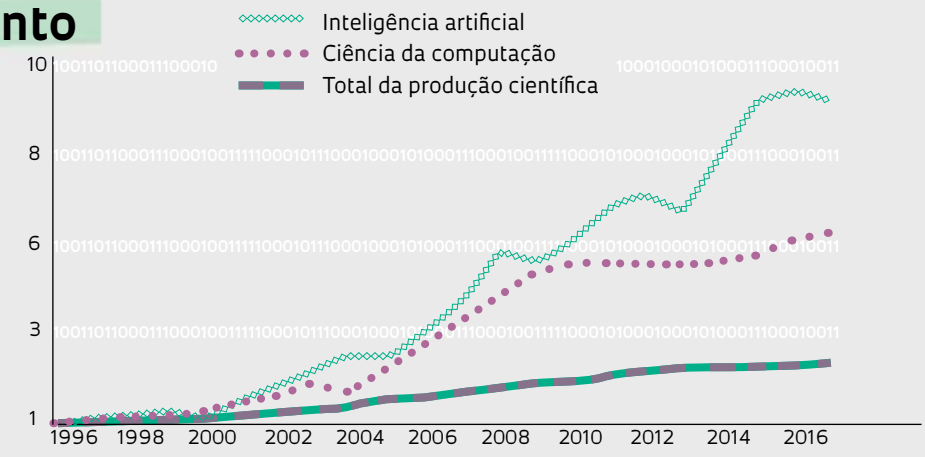
Cerca de 3 mil pesquisadores e estudantes de computação assinaram em maio um manifesto se comprometendo a não submeter artigos a um periódico que deve ser lançado no início de 2019 nem participar de seu processo de revisão por pares. A revista em questão é a *Nature Machine Intelligence*, do grupo Springer Nature, que pretende divulgar estudos sobre inteligência artificial, aprendizado de máquina e robótica. A promessa de boicote tem uma justificativa simples: a produção científica em ciência da computação, e particularmente em inteligência artificial, segue um modelo peculiar de publicação em que as descobertas são divulgadas e debatidas em conferências e, em seguida, arquivadas em repositórios de acesso aberto – o ArXiv é uma destinação frequente dos manuscritos. Esse paradigma se contrapõe ao sistema tradicional de comunicação científica, em que o acesso é disponível para quem se dispuser a pagar para ler, e também a um padrão mais moderno que ganhou espaço nos últimos tempos, no qual o acesso é aberto, mas o autor precisa pagar uma taxa para financiar a publicação.

"Não vemos papel algum, no futuro da pesquisa em aprendizado de máquinas, para revistas de acesso fechado ou que cobram taxas de autores", informa o manifesto. "Em contraste, receberíamos de bom grado novas conferências e revistas com publicação a custo zero." A declaração foi subscrita tanto por pesquisadores ligados a instituições de pesquisa, entre as quais a Universidade Harvard e o Massachusetts Institute of Technology (MIT), nos Estados Unidos, quanto por especialistas vinculados a empresas como Google, Microsoft, Facebook e IBM. A ausência de nomes da Apple foi sentida.

Entre os signatários, destacam-se nomes como os dos cientistas da computação Yann LeCunn, professor da Universidade de Nova York e diretor do braço de pesquisa em inteligência artificial do Facebook, e Yoshua Bengio, da Universidade de Montreal, no Canadá, pioneiros na pesquisa sobre redes neurais. "A comunidade de aprendizado de máquina

Ritmos de crescimento

Quantas vezes cresceu, entre 1996 e 2016, o total da produção científica e o número de artigos publicados sobre inteligência artificial e ciência da computação. Publicações em 1996 equivalem a 1



FONTE REVISTA *SCIENCE* E SCOPUS

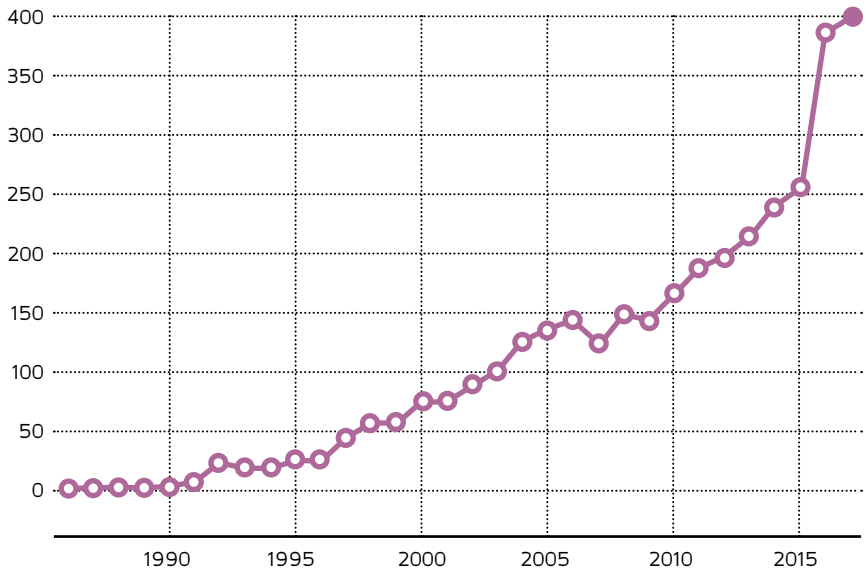
tem feito um grande trabalho ao publicar pesquisas em acesso aberto; reverter essa tendência utilizando um modelo fechado não parece ser uma boa ideia", disse, segundo a revista *Forbes*, Jeff Dean, diretor do Google AI, braço de pesquisa do Google sobre inteligência artificial, outro que assinou a declaração. Segundo dados da base Scopus compilados pela revista *Science*, o número de trabalhos científicos em inteligência artificial multiplicou-se por 10 entre 1996 e 2016, acima da média da ciência da computação, que cresceu seis vezes no mesmo período. O Brasil segue a mesma tendência: há pesquisadores publicando na área desde os anos 1990. Eles formaram uma força de pesquisa responsável por uma produção que mais que dobrou de tamanho entre 2010 e 2016 (*ver gráfico nesta página*).

O responsável pelo manifesto, o cientista da computação Thomas Dietterich, que é professor emérito da Universidade do Estado de Oregon, nos Estados Unidos, usou sua conta no Twitter para convidar colegas a chancelar a declaração. Recebeu em resposta um tweet da própria revista *Nature Machine Intelligence*, em um tom conciliador: "Consideramos que a *Nature Machine Intelligence* pode coexistir e fornecer um serviço – para os que estiverem interessados –, conectando diferentes campos, oferecendo um canal para trabalhos interdisciplinares e conduzindo um processo rigoroso de avaliação por pares". A porta-voz da *Springer Nature* em Londres, Susie Winter, divulgou um comunicado defendendo o modelo: "Acreditamos que a maneira mais justa de produzir revistas altamente seletivas como essa e garantir sua sustentabilidade no longo prazo e para uma comunidade a mais ampla possível é distribuir os custos entre muitos leitores".

A repercussão do manifesto foi grande, por mobilizar um campo emergente de pesquisa na defesa do acesso aberto e também por contrapor-se a um dos maiores grupos de comunicação científica do mundo. Mas não chegou a surpreender quem acompanha a evolução do conhecimento em inteligência artificial e o ambiente em que ele é produzido. Um round anterior desse embate foi travado em 2001, quando a cientista da computação Leslie Kaelbling, do MIT, lançou o periódico de acesso aberto *Journal of*

Avanço do conhecimento científico

Evolução do número de publicações de autores do Brasil sobre tópicos ligados à pesquisa em inteligência artificial*



* Inteligência artificial, aprendizado de máquina, aprendizagem profunda e redes neurais

FONTE WEB OF SCIENCE

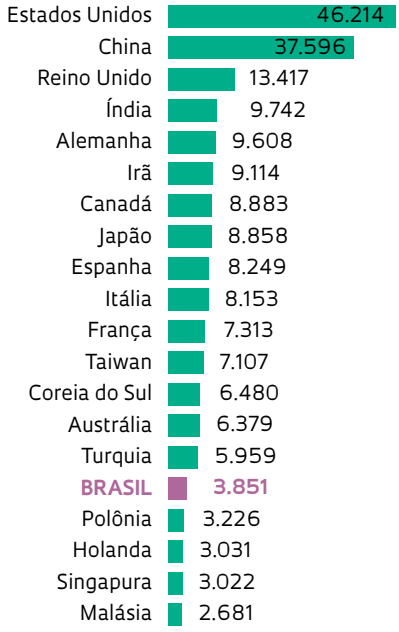
Dados integrados

Sistema reúne informações sobre a produção de pesquisadores brasileiros em subáreas da ciência da computação

Pesquisadores das universidades federais de Minas Gerais (UFMG) e de Uberlândia (UFU) criaram um sistema que fornece dados comparativos sobre a produção dos departamentos de ciência da computação de instituições de ensino superior do Brasil. Lançado em janeiro, o CSIndex (http://goo.gl/qWuS2w) oferece informações que podem ser úteis tanto para avaliar o desempenho de grupos de pesquisa quanto para orientar estudantes na escolha de cursos de mestrado e doutorado. O serviço reúne e organiza a produção total dos departamentos em 16 subáreas, gerando um escore para cada um. O Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo (IME-USP) detém o escore mais alto na área de inteligência artificial. Já em engenharia de software, a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) conta com a melhor nota, enquanto o Departamento de Ciência da Computação da UFMG tem o escore mais elevado na área de banco de dados.

A coleta das informações é feita por meio do acompanhamento de artigos apresentados em conferências indexadas em bases internacionais. Na ciência da computação, a publicação de trabalhos em conferências costuma ser mais importante do que a publicação de artigos em revistas científicas. O CSIndex monitora artigos publicados nos anais de 162 conferências, distribuídas em subáreas como engenharia de software,

Número de publicações por país na base Web of Science sobre tópicos ligados à pesquisa em inteligência artificial*



Machine Learning Research (*JMLR*) como alternativa à prestigiosa revista *Machine Learning*, do Kluwer Academic Press, de acesso restrito. À época, boa parte do conselho editorial da *Machine Learning* renunciou e se transferiu para a *JMLR*.

A percepção de que o processo tradicional de publicação científica era demorado para um campo do conhecimento em efervescência levou os cientistas da computação a adotar um modelo em que conferências e repositórios de acesso aberto têm peso preponderante e a revisão por pares é aberta à contribuição de qualquer pesquisador e feita após a divulgação dos resultados. Esse modelo continua em evolução. Em 2013, o cientista da computação Andrew McCallum, da Universidade de Massachusetts, em Amherst, nos Estados Unidos, criou o site Open Review, por meio do qual autores podem publicar manuscritos apresentados em conferências e convidar colegas para comentá-los. Em pouco tempo, as principais conferências sobre inteligência artificial passaram a utilizar os serviços do site.

Rui Seabra Ferreira Júnior, presidente da Associação Brasileira de Editores Científicos, observa que os modelos de publicação científica passam por uma fase de transição e ainda não há clareza sobre o que deverão se tornar no futuro. "A revisão por pares existe há mais de 300 anos e não há evidência de que vá perder importância. Mas há alguns campos disciplinares mais teóricos, como algumas áreas da física e da ciência da computação, em que é possível um pesquisador apresentar conceitos novos em um repositório de acesso aberto e abri-los para discussão entre os colegas, cabendo a eles validá-los ou não", afirma. "Já em áreas aplicadas, a revisão por pares é essencial. Veja o caso da biologia ou da medicina: seria necessário que os colegas reproduzissem os experimentos descritos em repositórios para poder validá-los, o que seria inviável."

O físico Paul Ginsparg, pesquisador da Universidade Cornell e fundador do repositório ArXiv, elogiou o manifesto dos cientistas da computação, mas se mostrou cético em relação à sua capacidade de influenciar o modelo de publicação científica como um todo. "Pessoalmente, não tenho nenhuma animosidade contra o modelo de assinatura", afirmou à revista *Science*. Ele considera que os signatários do manifesto têm uma visão pouco realista sobre a possibilidade de publicar a custo zero. "Servidores de repositórios são baratos, mas um controle sistemático de qualidade exige mão de obra intensiva e custa dinheiro." ■ **Fabrício Marques**

linguagens de programação, arquitetura de computadores e bancos de dados.

O sistema usa um algoritmo projetado para recuperar informações da Digital Bibliography & Library Project (DBLP), um dos principais repositórios bibliográficos de ciência da computação, hospedado na Universidade de Trier, na Alemanha. O DBLP indexa mais de 3 milhões de artigos de 1,7 milhão de autores e é atualizado mensalmente. "O CSIndex filtra os trabalhos com autores brasileiros, classificando-os segundo as subáreas", explica o cientista da computação Marco Tulio Valente, da UFMG, um dos criadores do sistema, ao lado do também cientista da computação Klérisson Paixão, da UFU. Em seguida, calcula o escore para cada departamento. O CSIndex monitora a produção científica de 818 cientistas da computação de universidades públicas e privadas, e de institutos federais do país.

As conferências de maior prestígio de ciência da computação têm um processo de seleção bastante rigoroso e em geral aceitam menos de 20% dos artigos submetidos. Os trabalhos publicados em 34 dessas conferências mais disputadas receberam peso 1, enquanto os divulgados nas demais têm peso 0,33. "O escore de cada departamento é o resultado da combinação do número de artigos publicados pelos pesquisadores em conferências 'top' e nas demais conferências monitoradas pelo CSIndex", explica Valente.

A ideia, segundo ele, é que o CSIndex constitua uma plataforma independente, podendo complementar os sistemas correntes de avaliação, como o realizado a cada quatro anos pela Coordenação Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), que monitora a qualidade dos programas de pós-graduação. Na concepção do cientista da computação André Sampaio Gradvohl, da Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), é importante que o CSIndex considere outros repositórios além do DBLP. "A ampliação do número de repositórios é recomendável para considerar trabalhos publicados em periódicos científicos", diz o pesquisador, que não participou da concepção do sistema.

Para o cientista da computação Filipe Saraiva, da Universidade Federal do Pará, também não envolvido na criação do CSIndex, a chance de acompanhar a qualidade da produção dos outros departamentos abre portas para novas colaborações. "É interessante observar métricas relacionadas às pesquisas em ciência da computação desenvolvidas no Brasil, ainda mais quando se baseiam em um filtro que prioriza publicações de alto impacto", avalia. ■ **Rodrigo de Oliveira Andrade**

Colônia de *Leishmania*,
protozoário causador
da leishmaniose visceral

Um parasita chega às METRÓPOLES

Dificuldade de diagnóstico e clima mais quente facilitam avanço da leishmaniose visceral rumo a grandes centros urbanos

Carlos Fioravanti

Vista como uma doença rural e restrita à região Nordeste até a década de 1980, a leishmaniose visceral avança rumo a centros urbanos cada vez maiores. Causada pelo protozoário *Leishmania infantum chagasi* e transmitida pelas picadas das fêmeas dos insetos transmissores, principalmente da espécie *Lutzomyia longipalpis*, conhecida como mosquito-palha ou birigui, a doença se instalou em todas as grandes regiões, com quase metade dos casos (47%) concentrados no Nordeste, de acordo com o Ministério da Saúde (MS). Em 2016, o MS registrou 3.626 casos em pessoas, com 275 mortes, em todo o país. Em 2017, os estados de Rondônia e Amapá registraram pela primeira vez casos de cães domésticos com leishmaniose e as cidades de Florianópolis e Porto Alegre, os primeiros casos em seres humanos.

Em São Paulo, desde 1999, quando os municípios de Araçatuba e Birigui, na região noroeste, registraram os primeiros casos em seres humanos, a leishmaniose visceral propaga-se rumo ao litoral. Dos 645 municípios paulistas, 177 já registraram cães ou pessoas com leishmaniose visceral. De acordo com um estudo publicado em fevereiro de 2017 na revista científica *PLOS Neglected Tropical Diseases*, até 2020 o número de cães infectados deve aumentar em Balbinos, Sabino e Guaimbê, na região central do estado, em razão da proximidade com a rodovia Marechal Rondon, da temperatura elevada e da ocorrência de insetos transmissores; os cães atuam como reservatórios do protozoário causador da doença. O número de pessoas infectadas deve aumentar em Luiziânia, Alto Alegre e Santópolis do Aguapeí, também a oeste, em decorrência do aumento da umidade e da coexistência de insetos e cães infectados (*veja os mapas na versão on-line desta reportagem*).

"A leishmaniose visceral está avançando por falta de informação que permita diagnosticá-la precocemente", comentou o médico parasitologista Mauro Célio de Almeida Marzochi, pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) do Rio de Janeiro, em um encontro científico promovido pela Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo no

DENNIS KUNKEL MICROSCOPY / SCIENCE PHOTO LIBRARY

Leishmaniose visceral no Brasil

Ainda concentrada no Nordeste, doença agora avança para outras regiões

final de abril na Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP). Em agosto e novembro de 2016, um menino de 1 ano e 7 meses e seu irmão de 4 anos morreram no Guarujá, no litoral paulista, por causa dessa doença, diagnosticada tardiamente. Em 2017 o Guarujá registrou outro caso e Votorantim, cidade do interior paulista vizinha a Sorocaba, também um, ambos sem mortes.

"O *Lutzomyia longipalpis* está bem adaptado às áreas quentes e de vegetação mais aberta, como o Cerrado", observa a bióloga Eunice Galati, professora da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP-USP). "O desmatamento e a substituição da vegetação nativa por monoculturas podem gerar ambientes desfavoráveis para essa espécie, que encontra nas cidades um ambiente propício para sua sobrevivência."

A leishmaniose visceral manifesta-se nas pessoas inicialmente pela palidez, febre contínua, emagrecimento, tosse, diarreia e aumento de volume do fígado e do baço. Se não tratada, pode ser fatal para as pessoas, por causa dos danos ao fígado, ao baço e à medula óssea causados pela *Leishmania*. A letalidade é considerada alta, de 7,8% em média, e há poucos medicamentos contra essa doença. O mais adotado é o antimonial pentavalente, que consiste na aplicação de injeções intramusculares diárias durante pelo menos um mês. Embora eficaz na eliminação do parasita, seus efeitos colaterais são intensos, podendo causar dores musculares, náuseas, vômitos, inflamações nos rins e distúrbios gastrintestinais, cardiovasculares e respiratórios.

Em áreas de transmissão da leishmaniose visceral, nem sempre se reconhece o ciclo completo de transmissão da doença – mosquitos transmissores, cães e seres humanos infectados. Às vezes, encontram-se apenas cães infectados e insetos. Outras vezes, apenas casos humanos, como no Guarujá. Outra possibilidade é a identificação somente de cães e pessoas com leishmaniose, sem os insetos transmissores já conhecidos, como em Florianópolis, que registrou três casos em seres humanos e 125 em cães infectados em 2017.

De 2010 a 2012, o biólogo Fredy Galvis-Ovallos, pesquisador da FSP-USP, percorreu os municípios de Embu das Artes e Cotia, na Grande São Paulo, em busca da possível origem dos casos de leishmaniose canina registrados na região desde 2003. Não havia *Lutzomyia longipalpis*, mas ele encontrou muitos exemplares de *Pintomya fischeri*, espécie apontada como potencial transmissora de *Leishmania infantum chagasi*. "Mesmo se confirmada, a *P. fischeri* tem um potencial menor de transmissão que a *L. longipalpis*, o que poderia explicar a ausência de casos em pessoas nesses municípios." No mundo, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o parasita causador da doença pode ser transmitido por cerca de 30 espécies de mosquitos.

A leishmaniose visceral é um problema típico de países com condições higiênicas precárias, já que os insetos transmissores se reproduzem em matéria orgânica em decomposição e depósitos de lixo. Dos 82 países em que já foi identificada, sete concentram 90% dos casos: Índia (6.249 casos em 2016), Sudão do Sul (4.175), Sudão (3.810), Brasil (3.336), Etiópia (1.593), Somália (781) e Quênia (692). Em 2015, a OMS registrou 23.084 casos de pessoas infectadas com leishmaniose visceral no mundo.

ESTRATÉGIAS REAVALIADAS

A identificação de mosquitos, cães ou seres humanos infectados em grandes cidades tem motivado uma reavaliação das formas de combate à doença. "As estratégias de prevenção e controle deveriam focar na redução das populações de *Lutzomyia* e no bloqueio do contato entre elas e os hospedeiros nas áreas de alto risco de transmissão", enfatiza a médica veterinária Anaiá da Paixão Sevá, pesquisadora da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da USP e principal autora do artigo prevendo a expansão da área de ocorrência de insetos transmissores, cães e seres humanos infectados. Marzochi, da Fiocruz, ressalta a importância da procura de casos humanos e caninos como forma de reduzir as mortes causadas por essa doença.

1

2

Cães de rua e domésticos são reservatórios de *Leishmania*, parasita transmitido pelo inseto *Lutzomyia longipalpis*, acima

"A coleira com inseticida protege os cães sadios e evita a transmissão a partir dos animais infectados", diz Tolezano

A eutanásia de cães infectados, prática recomendada pelo governo como forma de controle da leishmaniose visceral, "está cada vez menos sendo considerada", diz o médico veterinário Francisco Edilson Ferreira de Lima Júnior, do MS. A eutanásia se mostrou pouco eficiente por causa da alta taxa de reposição de cães infectados por outros, principalmente filhotes, mais suscetíveis ao parasita. Além disso, os proprietários dos animais podem assumir o tratamento com a droga miltefosina, aprovada para uso veterinário em 2017. A medicação tem um custo inicial de cerca de R$ 2 mil por mês e não elimina totalmente os parasitas.

Como estratégia adicional de controle da leishmaniose, o governo federal está avaliando a possibilidade de distribuir – se tudo der certo, a partir de 2019 – coleiras impregnadas com uma solução a 4% de inseticida no controle de leishmaniose visceral em áreas de maior risco de transmissão. "O uso das coleiras tem um impacto maior que a eutanásia na redução da transmissão da leishmaniose visceral", afirma o médico epidemiologista Guilherme Werneck, professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Cada coleira custa em média R$ 100 reais, com efeito variável de quatro a seis meses.

O uso da coleira em cães propiciou uma redução de 60% da população de mosquitos transmissores do parasita em partes de Fortaleza, no Ceará, e de 15% em um setor de Montes Claros, Minas Gerais, em comparação com áreas de controle nas mesmas cidades, ao longo de 30 meses, de acordo com um estudo publicado em março de 2018 na *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, com a participação da UFRJ e da Fiocruz. De acordo com Werneck, o estudo em Montes Claros também revelou as limitações dessa técnica, ao indicar que não se consegue aplicar a coleira em mais de 75% dos cães de uma região e a perda da coleira chegar a 40% em seis meses.

"A coleira protege os cães sadios e evita a transmissão nos infectados", afirma o biólogo José Eduardo Tolezano, diretor do Centro de Parasitologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL). Ele coordenou uma avaliação do uso da coleira em cerca de 10 mil cães, infectados ou não, em Votuporanga, na região noroeste do estado de São Paulo. A taxa de infecção nos cães caiu de 12% em 2014 para 1,5% no final de 2015, quando o estudo terminou. "Houve uma clara associação entre a queda de casos de leishmaniose em cães e a redução de casos em seres humanos", observou Tolezano.

O biólogo Osias Rangel, pesquisador da Superintendência de Controle de Endemias (Sucen), ressalta: "Ações de controle dos insetos transmissores não podem ser interrompidas. Se forem, a doença volta". Werneck enfatiza: "Temos de mudar os pilares estabelecidos há muitos anos, sem comprovação científica, sobre prevenção e controle, porque hoje a leishmaniose visceral é uma doença urbana". ■

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

FOTOS 1 CDC/ JAMES GATHANY 2 LÉO RAMOS CHAVES

VERSÃO ATUALIZADA EM 01/08/2018

Trocando as defesas do organismo

Transplante de medula óssea é a melhor alternativa de longo prazo para a Ipex, doença autoimune infantil rara

Equipe do Instituto da Criança de São Paulo retira sangue da medula de um doador para depois transplantar em uma criança

LÉO RAMOS CHAVES

O estudo de doenças raras depende, às vezes, de grandes colaborações internacionais para obter um quadro mais completo ou a melhor abordagem terapêutica de uma condição clínica que acomete um número reduzido de pacientes. Esse foi o espírito que norteou o trabalho de uma equipe de 83 pesquisadores de 38 centros médicos de 18 países, incluindo o Brasil. O time de especialistas confrontou os resultados de duas abordagens utilizadas no tratamento de uma enfermidade autoimune incomum e grave que se manifesta em recém-nascidos apenas do sexo masculino e é conhecida pela sigla Ipex. Em razão de um defeito genético, as células de defesa dessas crianças atacam descontroladamente vários órgãos de seu próprio organismo.

A primeira abordagem, o chamado transplante de células-tronco hematopoiéticas (de medula óssea ou de cordão umbilical), procura dotar a criança de novo sistema imunológico, com células sadias que não manifestem a doença ou a apresentem em menor grau. A segunda, baseada no emprego de medicamentos imunossupressores, tenta diminuir a ação das células de defesa, que, no caso da Ipex, em vez de protegerem o organismo contra ameaças externas, se voltam contra ele. Com base em 96 casos tratados de 2000 a 2016 nos países participantes do estudo, a equipe constatou que o índice de sucesso das duas terapias foi semelhante, embora ligeiramente maior no caso dos transplantes. Em cerca de dois terços dos pacientes, os tratamentos melhoraram a qualidade de vida dos doentes, segundo artigo publicado em março de 2018 na revista científica *Journal of Allergy and Clinical Immunology*.

No entanto, o perfil dos pacientes que mais se beneficiaram com a adoção de cada estratégia foi diferente. A análise retrospectiva dos casos – 58 tratados com células-tronco e 34 com drogas imunossupressoras – indicou que o transplante se mostrou a melhor estratégia de longo prazo para recém-nascidos ou crianças ainda sem danos em seus órgãos causados pela Ipex. “O transplante é muito mais caro do que a terapia com

imunossupressores. Pode custar de R$ 200 mil a R$ 500 mil e requer dois a quatro meses de internação", comenta a pediatra Juliana Fernandes, do Instituto da Criança do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP), que participou do estudo. "Mas, quando ele dá certo, os pacientes, depois de dois anos, não precisam mais tomar remédios nem ser internados. Já quem faz apenas o tratamento imunossupressor provavelmente terá de ser hospitalizado novamente."

Por isso, o emprego da estratégia medicamentosa, que deixa o paciente mais exposto a pegar infecções, é aconselhado apenas em pacientes que já apresentam comprometimento de algum órgão (nesses casos, a adoção do transplante produziu resultados ruins, segundo o estudo) ou como alternativa para deter a progressão da doença antes do transplante. A universidade paulista participou do estudo com cinco casos de crianças com Ipex tratadas desde 2008. Três das cinco crianças passaram por transplante de células-tronco extraídas da medula dos pais ou, como alternativa, de cordão umbilical. Os transplantes foram pagos pelo Sistema Único de Saúde (SUS).

Às vezes, é necessário repetir o tratamento para dar certo. "Em 2009, um menino de 2 anos e 6 quilos tinha diabetes, hepatite, anemia e danos nos rins em razão da Ipex", relata Juliana. O primeiro transplante não trouxe os resultados desejados, mas o segundo, seis meses depois, foi eficaz. Dos problemas iniciais, restou apenas o diabetes no garoto, hoje com 13 anos. Seu irmão gêmeo, que nasceu com a mesma doença, apresentava um estado menos grave, mas morreu por causa de uma infecção severa antes de se submeter ao procedimento. O menino que sobreviveu tem um segundo irmão, de 6 anos, que também nasceu com a Ipex e igualmente passou por dois transplantes de células da medula, o segundo foi bem-sucedido. Eles estão bem e são acompanhados pelas equipes da USP em consultas anuais.

Por ser rara, complexa e fatal, a Ipex – sigla de síndrome da imunodesregulação, poliendocrinopatia e enteropatia ligada ao cromossomo X – sempre gerou incertezas entre os médicos. "Não existem diretrizes gerais e o tratamento depende da experiência de cada centro médico", diz a pediatra italiana Federica Barzaghi, do Hospital São Rafael, de Milão, que coordenou o estudo internacional. "Uma avaliação dos resultados e uma comparação entre os dois tipos de tratamento, com uma amostra ampla de casos, nunca haviam sido feitas." A doença resulta de mutações em um gene do cromossomo X, o forkhead box P3 (FOXP3), que impede o funcionamento normal de um grupo específico de células do sangue, os linfócitos T reguladores.

Quando essas células não funcionam direito, instaura-se um desequilíbrio no sistema de defesa do organismo e os linfócitos de outros tipos começam a atacar as células do próprio corpo, traço típico das doenças autoimunes. "O estudo intensivo da Ipex enriquece nosso conhecimento sobre o sistema de defesa do organismo e sobre outras doenças autoimunes, porque permite ver como as células T reguladoras são essenciais para manter a tolerância celular e não atacar as outras células do próprio corpo", explica a pediatra Magda Carneiro Sampaio, professora da FM-USP e diretora do Instituto da Criança. De acordo com um artigo de 2016 publicado na *Nature Reviews Cardiology*, a disfunção das células T reguladoras pode favorecer o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, como aterosclerose, hipertensão, aneurisma abdominal da aorta, hipertensão arterial pulmonar e infarto do miocárdio.

Na Ipex, que reúne sintomas de várias doenças autoimunes, as falhas das células T reguladoras podem causar, por ordem de frequência, nos casos examinados no estudo: diabetes tipo 1, por causa de danos ao pâncreas; diarreias de longa duração; redução da quantidade de células vermelhas do sangue (causando anemia), de anticorpos (o que leva a reações alérgicas e manchas vermelhas na pele) e de plaquetas (dificultando a coagulação do sangue); inflamação e danos no fígado, nos rins, nas articulações e na glândula tireoide; e queda de cabelo. Outra conclusão da análise dos 96 casos foi que os sintomas predominantes da síndrome independem do tipo de mutação no gene que controla o amadurecimento dos linfócitos T reguladores.

"Os dois tratamentos hoje usados para Ipex ainda precisam melhorar, porque a eficiência de cada um deles chega a no máximo 70%", afirma Magda. O trabalho coletivo de análise da síndrome também evidenciou que a cura definitiva, segundo Federica, somente poderia ser atingida pela correção da falha genética que causa a doença: "Esperamos que a terapia gênica seja possível em breve para as crianças com os casos mais graves". ■ **Carlos Fioravanti**

Uma síntese da Ipex

NOME COMPLETO Síndrome da imunodesregulação, poliendocrinopatia e enteropatia ligada ao cromossomo X

CAUSA Mutações no gene forkhead box P3 (*FOXP3*), do cromossomo X, impedem o desenvolvimento normal de um grupo específico de células do sangue, os linfócitos T reguladores. Em consequência, as células de defesa começam a atacar outras células e órgãos

INCIDÊNCIA NA POPULAÇÃO Desconhecida. Atinge apenas recém-nascidos do sexo masculino

MANIFESTAÇÕES Diabetes tipo 1, diarreias de longa duração, redução da quantidade de células vermelhas do sangue, de anticorpos e de plaquetas; inflamação e danos no fígado, nos rins, nas articulações e na glândula tireoide

TRATAMENTOS Medicamentos imunossupressores ou transplante de células-tronco hematopoiéticas (de medula óssea ou de cordão umbilical), com uma eficácia de 70%

Artigos científicos

BARZAGHI, F. *et al.* Long-term follow-up of Ipex syndrome patients after different therapeutic strategies: An international multicenter retrospective study. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**. v. 141, n. 3, p. 1036-49. mar. 2018.

MENG, X. *et al.* Regulatory T cells in cardiovascular diseases. **Nature Reviews Cardiology**. v. 13, n. 3, p. 167-79. mar. 2016.

O norte da questão

Redução da intensidade do campo magnético alimenta debate sobre o risco de os polos novamente se inverterem, como há 780 mil anos

Ricardo Zorzetto

Representação artística do campo magnético da Terra, gerado na parte externa do núcleo

AOES MEDIALAB / ESA

O comportamento do campo magnético da Terra atualmente divide a opinião dos especialistas que investigam como se origina e se mantém esse escudo invisível que protege o planeta de partículas energéticas vindas do espaço. Com base na redução histórica da intensidade do campo registrada por diferentes métodos científicos, alguns pesquisadores, como o geofísico italiano Angelo De Santis, do Instituto Nacional de Geofísica e Vulcanologia, em Roma, defendem a ideia de que os polos magnéticos da Terra podem estar a ponto de iniciar um lento processo de inversão, como ocorreu há 780 mil anos, com o sul tomando o lugar do norte e vice-versa. Outros sustentam que a intensidade do campo varia periodicamente sem que essa oscilação resulte na troca de posição dos polos. "Um novo processo de inversão parece longe de ocorrer", diz o geofísico Ricardo Trindade, do Instituto de Geofísica, Ciências Atmosféricas e Astronomia da Universidade de São Paulo (IAG-USP).

Gerado pelo movimento de um oceano incandescente de ferro líquido nas profundezas da Terra, o campo magnético tem a forma de um imenso *donut* que envolve o planeta (*ver infográfico na pág. 49*). Ele se estende por 63 mil quilômetros na face exposta ao Sol e por uma distância até 10 vezes maior no lado oposto. O campo magnético do planeta, porém, não é estável e vem enfraquecendo continuamente desde pelo menos 1832, quando o físico e matemático alemão Carl Friedrich Gauss aferiu pela primeira vez sua intensidade. De lá para cá, medições mais frequentes e precisas feitas em observatórios em terra e por satélites confirmam que a intensidade diminui à taxa de 17 nanoteslas (nT) por ano – o campo tem 66 mil nT nos polos e 22 mil nT sobre uma faixa do hemisfério Sul que vai da África à América do Sul. Esse ritmo de decréscimo seria suficiente

Aurora boreal registrada em 18 de janeiro de 2005 na região do lago Bear, no Alasca

1

para, em alguns séculos, o campo se tornar débil demais em algumas regiões e desencadear a migração dos polos magnéticos, que pode durar de centenas a alguns milhares de anos e deixar a Terra mais exposta a partículas vindas do Sol e de outras regiões do espaço.

Uma razão pela qual os geofísicos estão interessados em descobrir quando começa a próxima migração é que essas partículas podem causar danos aos satélites, às redes de distribuição de energia, à atmosfera do planeta e também aos seres vivos. Há pelo menos 30 anos alguns grupos sugerem que seu início poderia ocorrer em décadas, enquanto outros afirmam que ela não acontecerá antes de milhares de anos. Em busca de pistas do possível início, os pesquisadores usam dados da intensidade atual e dos últimos milhões de anos para alimentar modelos matemáticos que tentam predizer o comportamento futuro do campo magnético.

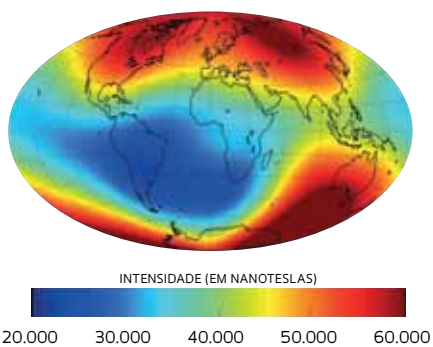
Angelo De Santis é um dos que apostam que uma grande mudança pode começar em breve. Com dois colaboradores, o italiano analisou o ritmo de expansão nos últimos 400 anos da área em que o campo magnético é mais fraco, a chamada anomalia magnética do Atlântico Sul (Amas). Essa região de campo magnético mais débil, que permite às partículas do vento solar chegar às altas camadas da atmosfera, permaneceu estável por um bom tempo, mas, a partir de 1800, passou a crescer em ritmo acelerado. Hoje ela se estende por 80 milhões de quilômetros quadrados, área 10 vezes maior do que a de 200 anos atrás. Em um artigo publicado em 2013 na revista *Natural Hazards and Earth Systems Science*, o grupo afirma que, mantida essa velocidade de expansão, a Amas ocuparia quase um hemisfério já na década de 2030.

Se isso ocorrer, se atingiria, segundo os pesquisadores, um ponto de não retorno. Com o campo muito fraco em uma região tão vasta, começaria então a migração dos polos, que poderiam assumir uma configuração inversa à atual, como já ocorreu – nos últimos 70 milhões de anos, houve, em média, uma inversão a cada 250 mil anos (a última foi há 780 mil anos). "Ainda não temos evidência convincente de que o campo magnético esteja perto de sofrer uma inversão", contou De Santis em entrevista por e-mail. "Prefiro dizer que temos pistas de que algo especial está ocorrendo."

De Santis não está sozinho. No fim dos anos 1980, o geofísico britânico David Gubbins, então pesquisador da Universidade de Cambridge, no Reino Unido, analisou a redução na intensidade do campo magnético medida ao longo do século passado e propôs que o enfraquecimento poderia ser explicado pelo deslocamento em direção ao polo Sul de uma estrutura mais quente situada em uma região profunda do planeta, cuja localização na superfície corresponderia a uma área ao sul da África. Em um artigo

PROTEÇÃO DESIGUAL

Mapa de intensidade do campo magnético terrestre. A região em azul-escuro corresponde à anomalia magnética do Atlântico Sul



FONTE MISSÃO SWARM 2014/ESA

publicado em 1987 na *Nature*, Gubbins sugeriu que, se os dois fatos estivessem relacionados, a redução de intensidade "poderia ocasionalmente levar à inversão dos polos". Em um artigo na *Science* de 2006, ele reafirmou a ideia de um início próximo de inversão ao analisar a intensidade do campo dos últimos 400 anos registrada em materiais arqueológicos e concluir que o ritmo de decaimento, que era de 2 nT por ano, teria acelerado cerca de sete vezes a partir de 1840.

ORIGEM PROFUNDA

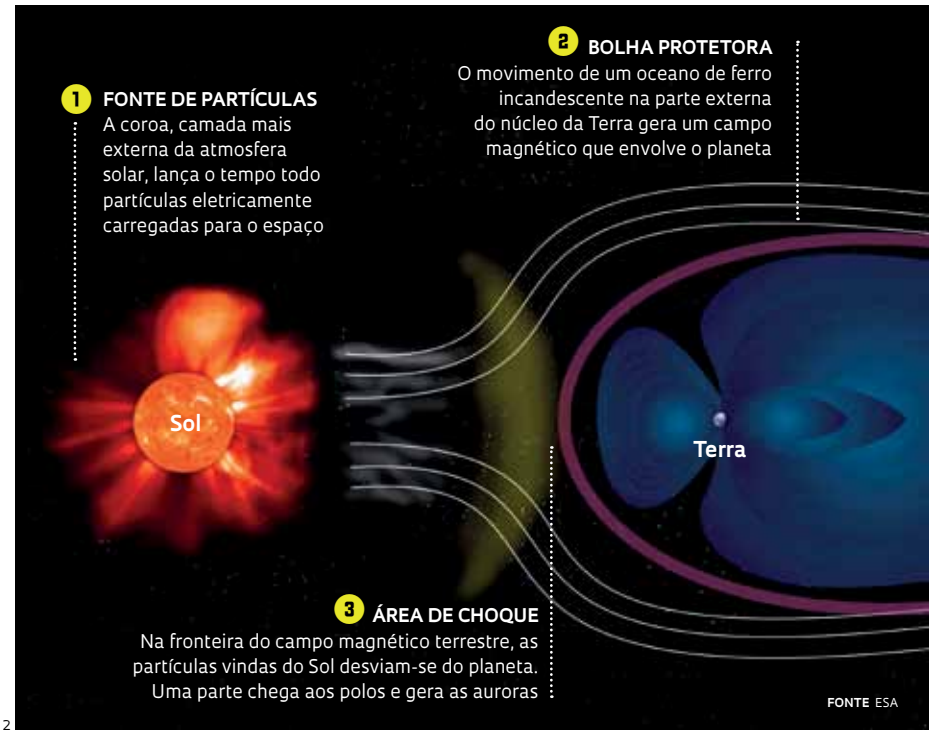
Em 2002, o geofísico francês Gauthier Hulot e sua equipe no Instituto de Física do Globo de Paris reforçaram os argumentos de Gubbins. Eles usaram medições da intensidade do campo feitas por satélites para alimentar modelos matemáticos e inferir o que ocorria no interior da Terra. No trabalho, publicado na *Nature*, os pesquisadores concluíram que regiões do núcleo externo com transporte de calor em sentido contrário ao da corrente principal do oceano de ferro incandescente enfraqueciam o campo medido na superfície e propuseram que padrões anormais de transporte antecederiam o início de uma inversão.

Especialista na análise do campo magnético de materiais arqueológicos, Ricardo Trindade, do IAG-USP, já havia constatado que o campo sobre a América do Sul começou a enfraquecer 200 anos antes do que se imaginava (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 244*). Mesmo assim, ele estima que uma nova inversão não deve começar antes de mil anos. "Quem propõe seu início iminente olha apenas os dados das últimas dezenas ou centenas de anos, que são mais precisos, mas não permite identificar oscilações naturais de um fenômeno que se repete na escala de centenas de milhares de anos", afirma.

Em um estudo recente, o geofísico Wilbor Poletti, aluno de doutorado de Trindade, analisou a intensidade do campo magnético em artefatos cerâmicos e rochas vulcânicas dos dois últimos milênios. Em um artigo publicado em janeiro deste ano na *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, o grupo sugere que o campo vem se enfraquecendo no ritmo atual há 1.300 anos. "Não houve uma aceleração na taxa de declínio", conta Poletti. "Se o ritmo atual não se alterar, levará 2,4 mil anos para a intensidade chegar próximo a zero e a polaridade começar a se inverter."

Como age o escudo invisível da Terra

Campo magnético produzido no interior do planeta desvia as partículas eletricamente carregadas vindas do espaço



2

Outro trabalho deste ano joga para bem mais adiante o início de uma inversão magnética. Baseando-se em dados dos últimos 2 milhões de anos, o geofísico norte-americano Bruce Buffett e o britânico William Davis, da Universidade da Califórnia em Berkeley, nos Estados Unidos, criaram um modelo que projeta a evolução futura do campo. Apresentados em fevereiro na revista *Geophysical Research Letters*, os resultados indicam que o risco de uma nova inversão só deve se tornar importante em 50 mil anos.

Quando a inversão começar, o que pode acontecer com o planeta? Segundo o astrônomo Douglas Galante, pesquisador do Laboratório Nacional de Luz Síncroton, em Campinas, um problema seria o aumento da chegada ao planeta de partículas eletricamente carregadas vindas do Sol. Essas partículas são menos energéticas do que as produzidas por explosões de estrelas na galáxia e geralmente são defletidas pelo campo magnético para a região dos polos, originando as auroras boreais e austrais.

"Sem o campo magnético, ou com ele muito enfraquecido, as partículas trazidas pelo vento solar passariam a interagir com os gases da atmosfera, alterando sua composição e causando diferentes efeitos", conta Galante. Se a inversão durar centenas de anos, poderia reduzir a camada de ozônio e destruir gases de efeito estufa, levando a um resfriamento do planeta. Caso se estenda demais, parte da atmosfera poderia até ser varrida para o espaço. No curto prazo, além dos efeitos sobre a atmosfera e os sistemas de energia e telecomunicações, a entrada de mais partículas vindas do Sol e de radiação ultravioleta poderia afetar os animais, aumentando o risco de câncer. ■

Projeto

Análise do campo geomagnético histórico da América do Sul (nº 13/16382-0); **Modalidade** Bolsa de doutorado; **Pesquisador responsável** Ricardo Ivan Ferreira da Trindade (IAG-USP); **Bolsista** Wilbor Poletti Silva; **Investimento** R$ 133.627,11.

Artigo científico

POLETTI, W. *et al.* Continuous millennial decrease of the Earth's magnetic axial dipole. **Physics of the Earth and Planetary Interiors**. v. 274, p. 72-86. jan. 2018.

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

FOTOS 1 SENIOR AIRMAN JOSHUA STRANG / UNITED STATES AIR FORCE / WIKIMEDIA COMMONS 2 ESA

Giro do barulho

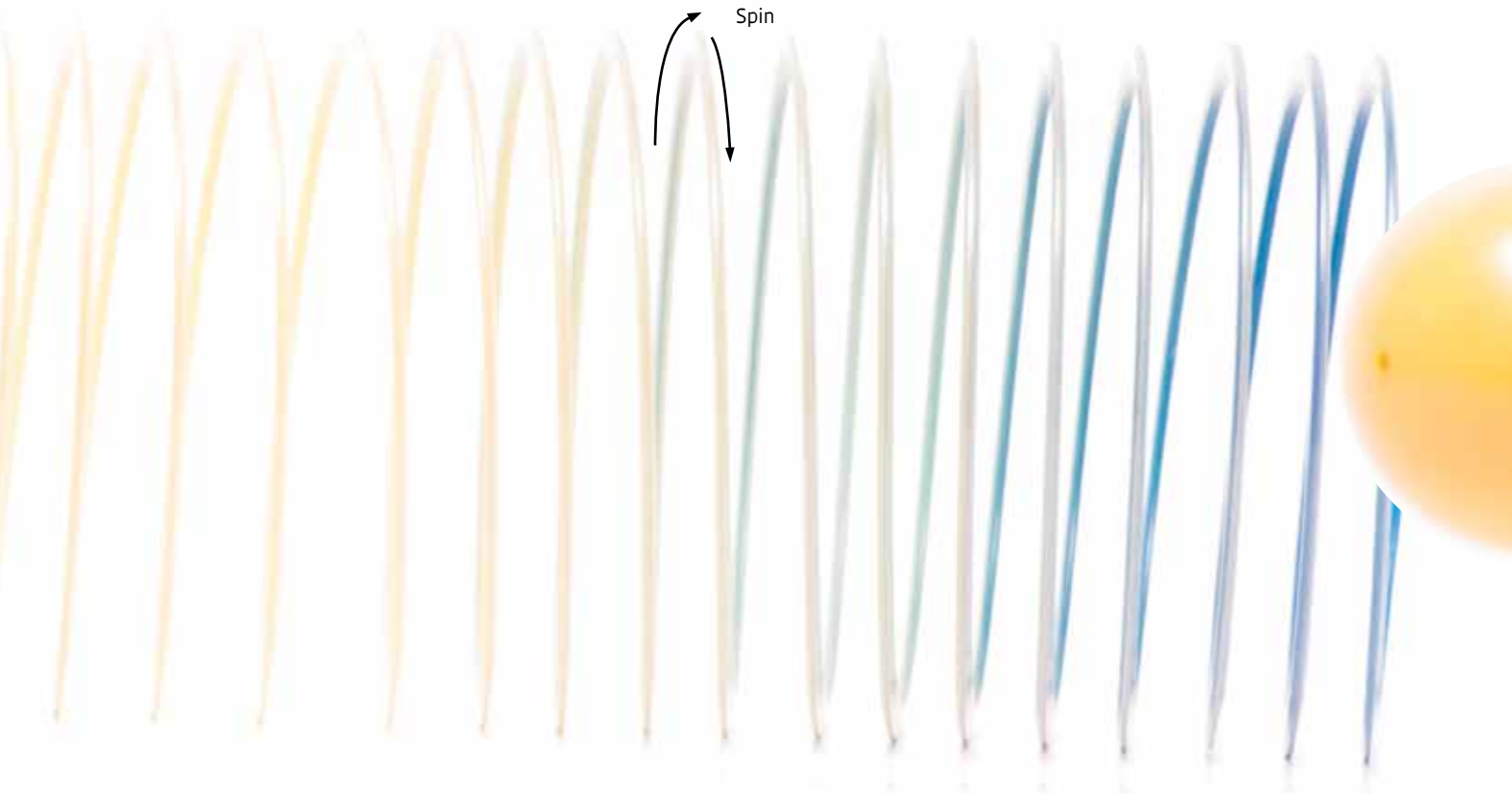
Vibrações acústicas dos átomos de materiais sólidos podem apresentar spin, uma das propriedades mais fundamentais da física quântica

Victória Flório

As oscilações de átomos no interior de um sólido produzem excitações que se dispersam pelo material. Essas vibrações constituem ondas que, na mecânica quântica, se comportam em determinadas situações como um fluxo de partículas, denominadas fônons. Responsáveis pela propagação do calor e do som no material, as oscilações podem ocorrer em duas direções, na vertical e na horizontal. É como se os átomos estivessem conectados por molas e a perturbação em um deles se alastrasse pelos demais. Uma equipe de físicos da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) mostrou experimentalmente que, se submetidas a condições específicas, as vibrações podem se propagar de outra forma: além de oscilar para cima/para baixo e para os lados, giram em torno do próprio eixo.

O movimento giratório das ondas nas entranhas de sólidos corresponde, na mecânica quântica, ao spin ou momento angular exibido por partículas elementares, como os elétrons, e por núcleos atômicos na presença de campos magnéticos. Ou seja, os pesquisadores constataram que os fônons, pacotes de energia produzidos por ondas vibracionais, podem apresentar spin. O resultado do trabalho foi publicado na revista científica *Nature Physics* em abril de 2018.

Os experimentos que levaram à descoberta dividiram-se em duas partes. Primeiramente, por meio do emprego de um campo de micro-ondas, os físicos geraram em um sólido um tipo de excitação atômica que sabidamente apresenta spin, os magnons, vibrações dos elétrons de um átomo associadas às propriedades magnéticas de um material. Em seguida, com o auxílio de campos magnéticos, converteram os magnons em fônons. Esse processo de transformação de magnons em fônons, acoplamento no jargão dos físicos, já era conhecido pela ciência. “Fizemos um experimento cuja ideia central era converter uma forma de excitação na outra, ou seja, magnon em fônon”, explica Sergio Machado Rezende, coordenador do grupo de físicos da UFPE que produziu o trabalho.



Em sólidos, as oscilações verticais ou horizontais de um átomo (*bola*) se propagam para os demais como se estivessem conectados por molas. Agora foi registrado que essas vibrações podem girar em torno do próprio eixo e apresentar spin

LÉO RAMOS CHAVES

A surpresa veio no final das medições, quando os pesquisadores se deram conta do que tinha ocorrido. "Vimos que, além de se converter em fônons, os magnons tinham transferido para eles uma propriedade que não esperávamos, o spin", conta José Holanda, aluno de doutorado de Rezende e primeiro autor do artigo sobre o experimento. Nesse tipo de conversão, o spin dos magnons normalmente não se preserva nos fônons. Em razão do ineditismo da medição, Rezende e seus colegas construíram um sistema óptico de espalhamento de luz para confirmar se o spin havia se conservado de fato. A luz espalhada em um material fornece informações precisas sobre a presença ou ausência de momento angular em fônons – e o sistema confirmou o spin nos fônons.

A natureza do material empregado parece ter sido determinante para o inesperado desfecho dos experimentos na UFPE. Em vez de usarem compostos maciços como bastões ou cilindros, como usualmente se faz nesse tipo de trabalho, os pesquisadores utilizaram um tipo de filme fino de granada de ítrio e ferro ($Y_3Fe_5O_{12}$), com uma espessura de átomos, que ocasiona poucas perdas magnéticas. "Dentro desse filme, as excitações percorrem distâncias da ordem de centímetros", afirma o físico Antônio Azevedo, também da UFPE, que fabricou o material usado no experimento. Essa particularidade aparentemente foi determinante para que o spin dos magnons se transferisse para os fônons. "Esse efeito é impossível de ser visto em outros materiais", esclarece o físico Matthias Benjamin Jungfleisch, do National Argonne Laboratory, nos Estados Unidos, que não participou do trabalho e escreveu um comentário sobre o artigo dos colegas da UFPE na mesma edição da *Nature Physics*.

A evidência de que as vibrações acústicas dos átomos em sólidos podem apresentar uma das propriedades mais importantes da física quântica abre portas para o estudo do spin dos fônons como codificadores da informação. Esse pode vir a ser um novo ramo da spintrônica, a eletrônica baseada no giro (spin) do elétron para transmitir sinais e armazenar dados. Na eletrônica convencional, como o nome indica, os sinais são conduzidos por meio da carga do elétron. Uma das vantagens de fazer spintrônica com fônons é que os materiais magnéticos, mais complicados de serem produzidos, seriam necessários apenas na fase inicial do processo, para converter magnons, que sempre têm spin, em fônons. "Depois de produzidos, os fônons poderiam carregar o spin para outros materiais não magnéticos", sugere Rezende. ■

Artigo científico

HOLANDA, J. *et al.* Detecting the phonon spin in magnon-phonon conversion experiments. **Nature Physics**. 2 abr. 2018.

A idade *do leite*

Pescadores-coletores que viveram há 3 mil anos em área hoje do litoral catarinense amamentavam filhos até 2 anos de idade

Marcos Pivetta

Ossos e dentes encontrados em sítios arqueológicos podem guardar informações importantes sobre os indivíduos a que pertenceram, como traços anatômicos, idade aproximada e presença de doenças. A reconstituição dos hábitos alimentares, ainda que de forma parcial, também é possível por meio da análise da concentração de diferentes isótopos estáveis de dois elementos químicos que se preservam no esqueleto humano: carbono e nitrogênio. Um trio de pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) usou essa abordagem para analisar fragmentos de 60 indivíduos, adultos e crianças, que viveram, entre 3.100 e 1.500 anos atrás, na área hoje ocupada pelo sambaqui Jabuticabeira II, sítio arqueológico localizado no município litorâneo de Laguna, cerca de 100 quilômetros ao sul de Florianópolis, em Santa Catarina. O trabalho reuniu evidências de como deve ter sido o padrão de amamentação adotado pelas mulheres da população de pescadores-coletores que habitou a região.

Segundo o estudo, publicado em 10 de maio no *Journal of Archaeological Science: Reports,* os recém-nascidos alimentavam-se exclusivamente de leite materno até por volta dos 6 meses de idade, quando outros tipos de comida, ricos em proteínas ou carboidratos, começavam a ser introduzidos progressivamente em sua dieta. O desmame total ocorria entre o segundo e o terceiro

Materiais arqueológicos do sítio de Jabuticabeira II, em Laguna, como a mandíbula e os dentes de bebês *(à esq.)* e ossos da costela de crianças, foram usados para reconstituir a dieta do antigo povo do sambaqui

ano da criança, em média aos 2,3 anos de idade. "Não constatamos diferenças significativas no tempo de amamentação e no perfil da dieta após o desmame em função do sexo dos bebês", comenta o bioarqueólogo peruano Luis Pezo-Lanfranco, do Instituto de Biociências (IB) da USP, principal autor do trabalho. "Mas esse tópico ainda precisa ser estudado em detalhe." Aparentemente, os sambaquieiros de Jabuticabeira II não privilegiavam os meninos na hora de repartir a comida, prática às vezes verificada em algumas culturas.

A partir da quantidade de carbono e de nitrogênio extraídos da proteína colágeno e do mineral apatita, ambos encontrados em ossos e dentes, as técnicas usadas no trabalho permitem inferir o peso dos principais grupos de alimentos – proteínas animais, gorduras e carboidratos – na dieta consumida por uma pessoa em diferentes fases da vida. "Com elas, simulamos um estudo longitudinal na antiga população de Jabuticabeira II e determinamos a idade em que as crianças eram exclusivamente amamentadas, quando passaram a receber alimentação complementar e foram totalmente desmamadas", comenta a bioarqueóloga Sabine Eggers, professora licenciada do IB e atualmente curadora do Museu de História Natural de Viena, outra autora do estudo. "Também comparamos a dieta das crianças com a dos adultos." No total, o estudo analisou 106 segmentos de dentes ou ossos (quase sempre costelas), de 39 adultos e de 21 jovens de até 18 anos, entre os quais seis bebês. Da amostra, 20 eram homens, 13 mulheres e 27 de sexo indeterminado.

Dentes e ossos são estruturas valiosas para inferir por quanto tempo um recém-nascido recebeu leite materno, além de outros aspectos da dieta. A estrutura de dentes sadios conserva os elementos químicos armazenados no momento de sua formação. Diferentes segmentos de um mesmo dente se originam em idades distintas do desenvolvimento humano. O primeiro molar permanente, por exemplo, começa a formar sua coroa aproximadamente entre os 6 meses de idade e 2 anos e meio e conserva, como uma cápsula de tempo, elementos da dieta consumida pelo indivíduo quando bebê. Como esse dente se conserva por décadas, é possível comparar suas diferentes partes em busca de registros de mudanças alimentares ao longo do tempo. Já as costelas guardam a assinatura química dos ingredientes que entraram no cardápio dos últimos seis meses da vida de um indivíduo.

Controlar o tempo de amamentação era uma forma de os povos antigos modular seu crescimento demográfico

Além de fornecer informação sobre práticas alimentares e culturais, o tempo de lactação é uma ferramenta para estimar a taxa de crescimento de grupos pré-históricos. Como mulheres que amamentam têm menos chance de engravidar, dar o peito para os bebês é uma forma natural de controlar a natalidade. Populações sedentárias, que têm mais recursos em sua área de moradia e geralmente praticam agricultura, tendem a desmamar os filhos mais cedo, entre o primeiro e o segundo ano de idade. Seu crescimento demográfico é mais acelerado. Nas culturas nômades, sem local fixo de moradia, as populações costumam ser menores. Há menos alimentos à disposição e a fase de lactação pode se prolongar até os 3 anos de idade como forma de espaçar os nascimentos.

O cenário populacional no sambaqui Jabuticabeira II não se encaixa nos modelos mais esquemáticos e pode ser interpretado como um caso intermediário ou de transição. O tempo médio de amamentação das crianças, superior aos dois anos, sinaliza um crescimento demográfico significativo, ainda que com uma intensidade menor do que a associada a grupos totalmente sedentários. "Os sambaquieiros de Laguna eram vistos como caçadores-coletores nômades, mas tinham muitos recursos marinhos à disposição e cultivavam algumas plantas", pondera Paulo DeBlasis, do Museu de Arqueologia e Etnologia (MAE) da USP, que escavou Jabuticabeira II e outros sítios na região de Laguna e também é coautor do estudo sobre lactação. "Tinham uma economia estável e uma boa densidade populacional, como apontam vários estudos que fizemos, inclusive esse sobre o tempo de amamentação." ■

Projeto

Adaptação e produção de alimentos em baixa escala: Evidências bioarqueológicas em populações pré-históricas litorâneas brasileiras (nº 15/05391-3); **Modalidade** Bolsa de Pós-Doutorado; **Pesquisadora responsável** Regina Célia Mingroni Netto (USP); **Bolsista** Luis Pezo-Lanfranco; **Investimento** R$ 182.802,89.

Artigo científico

PEZO-LANFRANCO, L. *et al*. Weaning process and subadult diets in a monumental Brazilian shellmound. **Journal of Archaeological Science: Reports**. 10 mai. 2018.

FOTOS LÉO RAMOS CHAVES

Rocha e Silva (*centro do grupo*) no jantar da 1ª Reunião Anual da SBPC, em Campinas (1949)

Cientistas unidos

No pós-guerra, pesquisadores fundaram em São Paulo associação que iniciou onda de criação de instituições de pesquisa

Primeira de quatro reportagens sobre os 70 anos da SBPC

Não bastaram as *referatas*, os animados encontros das sextas-feiras entre os cientistas do Instituto Biológico de São Paulo com outros intelectuais, artistas e um público geral para tratar de novidades da ciência e da cultura. Em 1948, em busca de espaços mais amplos para promover a circulação de ideias, criou-se a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Priorizando a comunicação entre pesquisadores, a agremiação ganhou espaço ao lado de instituições de pesquisa ou de apoio à ciência que emergiram na década de 1950 e moldaram as formas de produção do trabalho científico válidas ainda hoje no país.

"A SBPC foi uma forma de autoafirmação dos cientistas de São Paulo", observa a historiadora da ciência Maria Amélia Mascarenhas Dantes, professora sênior do Departamento de História da

O físico César Lattes em 1948, ao regressar da Universidade de Berkeley, nos Estados Unidos

Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP).

O Rio de Janeiro era a capital do país e tinha maior visibilidade científica. São Paulo, porém, já tinha o que mostrar. Em prédios espalhados pela cidade, já funcionava a USP, criada em 1934, e o Instituto Biológico, de 1927, que era então um dos centros de pesquisa mais importantes do país. Lá estavam pesquisadores egressos do Instituto Oswaldo Cruz, do Rio de Janeiro, como o médico Henrique Rocha Lima (1879-1956), diretor científico do instituto, que havia trabalhado com Oswaldo Cruz (1872-1917), Adolfo Lutz (1855-1940) e Carlos Chagas (1879-1934) e identificado a bactéria *Rickettsia prowazekii* como a causadora do tifo quando estivera na Alemanha (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 231*). Em 1948, um dos fundadores da SBPC, o médico e farmacologista Maurício Oscar da Rocha e Silva (1910-1983), então no Biológico, e seu colega Wilson Teixeira Beraldo (1917-1998), na USP, identificaram a molécula de bradicinina, um poderoso vasodilatador mais tarde usado em medicamentos para controle da hipertensão arterial.

"Os cientistas de São Paulo queriam um espaço próprio, porque viam que não cabiam na Academia Brasileira de Ciências [ABC], que só acolhia cientistas notáveis", diz Maria Amélia. Se a ABC, criada em 1916 no Rio de Janeiro, era elitista, a SBPC tratou de ser popular, abrindo-se para qualquer interessado em ciência. "Nenhuma qualificação técnica é exigida para a admissão como sócio, mas tão somente o desejo de contribuir de algum modo para o progresso da ciência no país", observou a socióloga Ana Maria Fernandes (1948-2018) no livro *A construção da ciência no Brasil e a SBPC* (Editora UnB, 1990), ao examinar a criação da instituição.

FOTOS 1 REPRODUÇÃO JORNAL UNESP 2 FOLHAPRESS

Apesar da origem paulista, a nova associação começou com 256 sócios-fundadores de todo o país. Um ano depois havia 352 associados, "embora a composição dos membros estivesse quase inteiramente restrita a pesquisadores de ciências exatas e naturais", observou Ana Maria. Hoje a SBPC tem cerca de 5 mil membros, depois de chegar a 16.700 na década de 1980. A Associação Americana para o Progresso da Ciência (AAAS), uma das fontes de inspiração da SBPC, começou em 1849 com 78 membros e atualmente reúne cerca de 120 mil.

Em uma primeira reunião, em maio de 1948, o biólogo Paulo Sawaya (1903-2003), da USP, Rocha e Silva e o médico José Reis (1907-2002), do Instituto Biológico, decidiram convidar os colegas cientistas para fundar uma associação inspirada em agremiações similares do Reino Unido, da Argentina e dos Estados Unidos. Rocha e Silva tinha visto como os cientistas norte-americanos e britânicos se organizavam quando trabalhou nos Estados e Unidos e na Inglaterra, entre 1940 e 1946. O grupo cresceu quando se reuniram um mês depois, na Associação Paulista de Medicina, e formaram uma comissão para redigir os estatutos.

Em 8 de julho, o estatuto foi aprovado e a nova associação formalizada, com a presidência do advogado e professor da USP Jorge Americano (1891-1969). Rocha e Silva assumiu como vice-presidente, Sawaya como tesoureiro e Reis como secretário-geral. Os primeiros documentos definiam a missão da SBPC: defender a ciência e a independência do pesquisador brasileiro, aumentar a cooperação entre as equipes dos centros de pesquisa e facilitar a compreensão da ciência por especialistas de outras áreas, por meio de publicações, cursos, intervenções junto aos governos e encontros entre cientistas e o público geral.

Em 1948, a situação da pesquisa básica no Brasil "era nitidamente desfavorável, se comparada com a das ciências de aplicação, a medicina e a tecnologia, por exemplo", comentou Rocha e Silva em um discurso na abertura da 10ª reunião anual da SBPC, realizada em junho de 1958 no prédio da USP da rua Maria Antônia, no centro da cidade, e no *campus* do Butantã. "Os escritores, os artistas, os poetas, além dos médicos e metalurgistas, tinham todos os seus congressos bem organizados", disse ele. "Os cientistas permaneciam indiferentes aos trabalhos de seus colegas, que só eram lembrados nas horas de briga, para se desfazerem uns dos outros."

As circunstâncias, porém, favoreciam a ciência. "Após a Segunda Guerra Mundial, principalmente nos Estados Unidos, a ciência foi entendida como uma forma de segurança nacional", diz o filósofo e historiador da ciência Antonio Augusto Passos Videira, professor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj). "Os militares e políticos brasileiros estavam convencidos de que não haveria como garantir a soberania nacional sem desenvolvimento científico." Como exemplo desse interesse, o marechal Henrique Lott (1894-1984), quando trabalhava como adido militar da embaixada brasileira em Washington, de 1946 a 1948, mandava informes ao governo sobre as estratégias dos Estados Unidos para enfrentar a Guerra Fria, que incluía a valorização da ciência e da tecnologia.

O biólogo Paulo Sawaya, professor da USP e um dos fundadores da SBPC

"Os Estados Unidos aceleraram a formação de físicos e os cientistas em geral começaram a ser vistos como mão de obra necessária do país", observa Videira. "O apoio dos militares à ciência, em especial à energia atômica, explica a rapidez com que as instituições de apoio à ciência foram criadas." A física nuclear estava em evidência. A grande estrela na época no Brasil era o físico César Lattes (1924-2005), que em 1948 participara da descoberta da partícula elementar méson-pi, que o tornou mundialmente conhecido (*leia mais sobre Lattes na entrevista com Igor Pacca, na página 28, e em* Pesquisa FAPESP *nº 110*). O interesse por essa área facilitou a criação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) no Rio de Janeiro em janeiro de 1949; em agosto desse ano começou a funcionar a Escola Superior de Guerra, também no Rio.

Em 1948, um projeto de lei prevendo a criação de um conselho nacional de pesquisa não avançou. Nos anos seguintes, como resultado da articulação promovida pela ABC e pelo almirante Álvaro

O médico José Reis, pesquisador do Instituto Biológico (*acima*), também estava entre os criadores da entidade

Alberto da Mota e Silva (1889-1976), começou a ganhar corpo um órgão para gerir inicialmente a política governamental de energia atômica, o Conselho Nacional de Pesquisa. Instituído formalmente em 1951, foi depois renomeado Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), como relatado pela historiadora Ana Maria Ribeiro de Andrade, pesquisadora aposentada do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), em um artigo de 2001 na revista *Parcerias Estratégicas*. Em 1951 começou a funcionar também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), criada pelo educador Anísio Teixeira (1900-1971).

O historiador Heráclio Duarte Tavares, pesquisador da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), argumentou em um artigo de 2015 na revista *Contemporânea* que o apoio dos militares, incluindo Lott, foi importante também na criação do Instituto de Física Teórica de São Paulo (IFT), que começou a funcionar em junho de 1952 e depois foi incorporado à Universidade Estadual Paulista (Unesp). Em agosto desse ano foi criado no Rio de Janeiro o Instituto de Matemática Pura e Aplicada (Impa).

NACIONALISMO

"A SBPC tentou mostrar que a ciência, como a cultura, deveria fazer parte da identidade do país, como os povos de origem germânica no final do século XVII mostraram que a ciência, a cultura e a língua eram elementos de unificação nacional", diz Videira. Ele destaca outro aspecto do contexto histórico e científico da criação dessas instituições: "Os cientistas viram que, além de ciência, tinham de fazer política". Maria Amélia, da USP, reitera: "A geração de cientistas que criou a SBPC era profundamente nacionalista e otimista e estava convencida de que a ciência deveria ajudar a melhorar o país".

A partir de 1949, com a primeira das sucessivas reuniões anuais, realizada em Campinas, e a publicação da revista *Ciência e Cultura*, a associação de cientistas começou seu trabalho de divulgação científica para públicos amplos. De modo similar, desde 1935 o Instituto Biológico publicava a revista mensal *O Biológico*, escrita pelos próprios pesquisadores, em linguagem simples, e dirigida a produtores rurais. Vários artigos já mostravam o prazer de escrever de José Reis, que mais tarde ganhou visibilidade com sua coluna na *Folha de S.Paulo*. ■ **Carlos Fioravanti**

› A próxima reportagem desta série tratará das lutas da SBPC em defesa da ciência brasileira.

Artigos científicos

SILVA, M. R. e. Dez anos pelo progresso da ciência. **Ciência e Cultura**. v. 10, n. 4, p. 197-203. 1958.

ANDRADE, A. M. R. de. Ideais políticos. A criação do Conselho Nacional de Pesquisas. **Parcerias Estratégicas**. v. 11, p. 221-42. jun. 2001.

TAVARES, H. D. O Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e o Instituto de Física Teórica sob a ótica militar. **Contemporânea**. v. 6, n. 6, p. 67-82. 2015.

Livro

FERNANDES, A. F. **A construção da ciência no Brasil e a SBPC**. Brasília: Editora UnB, 2ª ed. 2000.

FOTOS 1 ACERVO SBPC 2 ACERVO JOSÉ REIS / CASA DE OSWALDO CRUZ / FIOCRUZ 3 CENTRO DE MEMÓRIA DO INSTITUTO BIOLÓGICO

Obstáculos no caminho

Demora em alcançar a viabilidade econômica do etanol de segunda geração afasta investidores, mas algumas empresas persistem na corrida

Fabrício Marques

A corrida para produzir comercialmente o etanol de segunda geração, obtido a partir de celulose, está durando bem mais do que o esperado. Vários competidores desistiram no meio do caminho e hoje vive-se um momento decisivo, com disputa pela liderança. Três plantas industriais parecem estar próximas de atingir um estágio de eficiência tecnológica e viabilidade econômica. Duas delas estão no Brasil: uma da Raízen, em Piracicaba (SP), e outra da GranBio, em São Miguel dos Campos (AL). Ambas utilizam como matéria-prima resíduos da cana-de-açúcar, como palha e bagaço, que sobram da produção tradicional de bioetanol. A terceira, do consórcio Poet-DSM, funciona em Emmetsburg, no estado norte-americano de Iowa, e converte restos da produção de milho em combustível.

A persistência das três empresas é extraordinária em um ambiente que vem acumulando expectativas frustradas. Uma década atrás, evidências de que já existia tecnologia madura para produzir biocombustíveis em grande escala a partir de matéria-prima farta – como madeira ou resíduo agrícola – atraíram um considerável vo-

Planta de etanol de segunda geração da Raízen, em Piracicaba (*à esq.*): conversão do bagaço de cana (*acima*) em combustível está próxima da viabilidade comercial

FOTOS RAÍZEN

lume de capital de risco, investido na construção do que seriam as primeiras plantas comerciais. O preço alto do petróleo – com picos acima de US$ 100 por barril entre 2008 e 2011 – e os fortes incentivos públicos nos Estados Unidos para a produção de etanol de segunda geração tornavam o cenário ainda mais atraente. Mas a decisão de construir as usinas mostrou-se muito mais arriscada do que o esperado. Obstáculos nos processos de produção, que impediam o funcionamento contínuo dos equipamentos, associaram-se aos custos altos de alguns dos insumos, mostrando que faltavam pesquisa e investimentos para construir uma trajetória mais competitiva.

Seguiu-se um período depressivo. Segundo dados da consultoria Bloomberg New Energy Finance, os investimentos globais em biocombustíveis de nova geração, que chegaram perto de US$ 3 bilhões em 2011, caíram para menos de US$ 1 bilhão em 2013 e pouco mais de meio bilhão em 2016. Empresas reviram seus planos. O grupo espanhol Abengoa fechou em 2015 sua usina em Hugoton, Kansas, Estados Unidos. Em novembro passado, a multinacional DowDuPont colocou à venda, por US$ 225 milhões, sua planta de etanol celulósico na cidade de Nevada, em Iowa, Estados Unidos, e ainda não conseguiu um comprador. A empresa anunciou que continuará no mercado de biocombustíveis oferecendo insumos especializados, como leveduras geneticamente modificadas capazes de melhorar o rendimento dos produtores. A unidade tem capacidade para produzir 110 milhões de litros de etanol por ano, mas nunca operou comercialmente.

Startups criadas nos Estados Unidos para dar suporte à indústria acabaram corrigindo seus planos de negócio, caso da Solazyme, de São Francisco, que se dedica à produção de alimentos, ou da Amyris, de Emeryville, Califórnia, que agora fabrica cosméticos, fragrâncias e medicamentos contra a malária. "O caminho para o desenvolvimento da tecnologia tem sido mais longo e substancialmente mais dispendioso do que havia sido antecipado pelos especialistas", afirma o engenheiro Viler Janeiro, diretor de negócios de etanol celulósico do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), empresa de biotecnologia que construiu uma planta de demonstração no município paulista de São Manuel.

Bioflex, usina da GranBio em São Miguel dos Campos, Alagoas: tecnologia importada da Itália não funcionou como prometido

Na produção de etanol de primeira geração, apenas um terço da biomassa é utilizada, por meio da fermentação da sacarose do suco da cana. O desafio, na segunda geração, é aproveitar também o bagaço e a palha, fontes de celulose, hemicelulose e lignina, que respondem pelos outros dois terços da energia da planta e não são metabolizados no sistema convencional. De modo geral, as tecnologias aplicadas nas usinas de segunda geração submetem a biomassa a um pré-tratamento, para quebrar a estrutura do material lignocelulósico; a processos de hidrólise, em que enzimas são utilizadas para converter polímeros de celulose e hemicelulose em açúcares; e de fermentação, com uso de leveduras modificadas geneticamente que transformam os açúcares provenientes da biomassa em etanol. O desenvolvimento de leveduras avançou de forma desigual no aproveitamento da celulose e da hemicelulose. Há microrganismos mais eficientes na quebra das hexoses, açúcares de seis carbonos originários da celulose, do que na das pentoses, açúcares de cinco carbonos provenientes da hidrólise da hemicelulose. Outro gargalo importante para atingir a viabilidade econômica se relaciona ao custo das enzimas necessárias para gerar os açúcares, considerado ainda muito elevado.

O custo das enzimas necessárias para produzir etanol de segunda geração ainda é elevado

Para o engenheiro químico Carlos Eduardo Vaz Rossell, é crucial melhorar a eficiência das enzimas e reduzir seu preço. "O Brasil tem uma vantagem, que é a disponibilidade de um grande volume de biomassa na própria usina na forma de bagaço. Isso ajuda na busca da viabilidade econômica e justifica novos investimentos em pesquisa", diz Rossell, que coordenou entre 2010 e 2016 a planta-piloto do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), vinculado ao Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), em Campinas.

Já em relação ao aproveitamento da palha, há desafios de ordem logística – ela tem que ser retirada do campo e trazida para a usina – e de produtividade. O engenheiro químico Antonio Bonomi, coordenador da divisão de inteligência de processos do CTBE, afirma que ainda não se sabe ao certo o quanto de palha deve ser retirado dos canaviais para utilizar como matéria-prima. "A manutenção de parte da palha melhora a produtividade da cana, preservando a umidade e os nutrientes." Somados a esses desafios, surgiram problemas de engenharia que não haviam sido previstos, alguns de solução cara e complexa, que impediram o funcionamento da maioria das plantas no prazo estipulado.

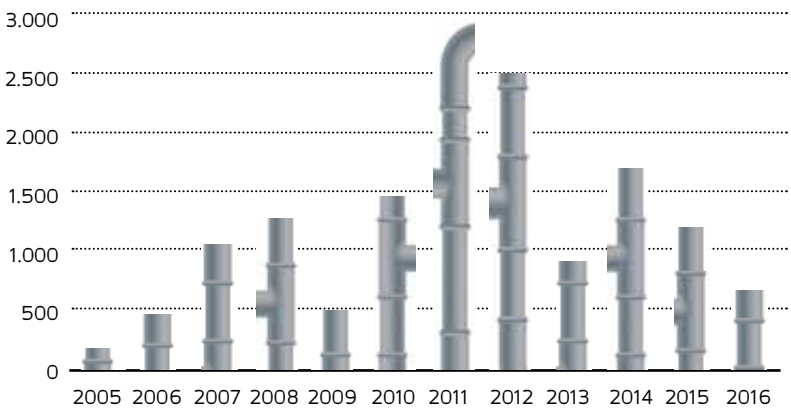
Artur Milanez, gerente de biocombustíveis do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), discorda da percepção corrente de que a demora na viabilidade econômica signifique um fracasso da tecnologia. "Estamos vivendo a fase final de pesquisa e desenvolvimento (P&D). É comum, quando são testadas rotas tecnológicas, ocorrer um processo de afunilamento até chegar ao processo mais eficiente", afirma. Em 2011, o BNDES e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) empenharam R$ 3 bilhões no Plano Conjunto de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico (Paiss), para o desenvolvimento de novas tecnologias de processamento da biomassa de cana. Na carteira de projetos apoiados estavam a Raízen e a GranBio, ao lado de empresas como a Abengoa, o CTC, a Petrobras, entre outros.

Quem parece mais perto de alcançar a escala comercial é a Raízen. Joint venture da brasileira

GRANBIO

Financiamento em queda

Investimentos globais no desenvolvimento da próxima geração de biocombustíveis e bioquímicos (em milhões de dólares)



FONTE BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE

Cosan e da multinacional Shell, a empresa montou em 2014 uma planta em Piracicaba que produz ao mesmo tempo as duas gerações do combustível. Na última safra, produziu 12 milhões de litros de etanol celulósico – a meta é atingir 25 milhões de litros neste ano e 40 milhões de litros, capacidade total instalada, no ano que vem. A Raízen valeu-se de um investimento feito na década passada pela Shell: a participação na empresa Iogen Energia, que tem uma planta-piloto de etanol extraído de palha de trigo em Ottawa, no Canadá. "Fizemos uma análise da viabilidade da tecnologia e vimos que era interessante", conta Antonio Stuchi, diretor-executivo de Tecnologias e Projetos da Raízen.

No Canadá, a ideia de aproveitar a palha de trigo não vingou: o processo demandava uma quantidade de água considerada antieconômica. Mas o conhecimento foi útil para a estratégia da Raízen. "Tínhamos dúvida se as enzimas teriam eficiência e estávamos no escuro em relação à capacidade das leveduras de atuar sobre as pentoses", lembra. Nenhum desses temores se concretizou. "Mas fomos pegos de surpresa com problemas de engenharia." O elevado nível de sujeira na biomassa levou à criação de uma etapa de pré-limpeza. Também foi preciso redesenhar o processo de separação de açúcares e de lignina e introduzir mais filtros e centrífugas. Mas o principal problema era a corrosão dos equipamentos no pré-tratamento, levando a uma operação intermitente. "A agressividade da palha da cana, rica em sílica, era muito maior do que a da palha de trigo", afirma Stuchi.

O engenheiro-agrônomo Gonçalo Pereira, professor do Instituto de Biologia da Unicamp que foi cofundador e cientista-chefe da GranBio, observa que as empresas cometeram o erro de transferir tecnologias de plantas-piloto para usinas sem testá-las em um nível intermediário. "Acreditava-se que o grande gargalo estaria nas etapas biotecnológicas, de enzimas e leveduras, que foram superadas. Ninguém imaginou que haveria problemas na parte mecânica do processo, nos equipamentos do pré-tratamento", diz. Segundo ele, apostou-se que o comportamento da celulose na indústria de papel se repetiria. "Enquanto a estrutura da lignocelulose da madeira repele água e amolece no pré-tratamento, o bagaço de cana funciona como uma esponja e forma uma espécie de mingau com fibras e sílica. Esse material não consegue ser facilmente transportado ou desaguado, levando à erosão, ao entupimento de canalizações e válvulas, e ao travamento de roscas", afirma.

Os problemas enfrentados pela Raízen na operação experimental de segunda geração não impediram a usina de seguir produzindo na primeira geração – enquanto os concorrentes montaram unidades exclusivas de etanol celulósico e não conseguiam fazê-las funcionar. Stuchi explica que a estratégia de produzir os dois tipos de etanol permitiu várias sinergias. "Na primeira geração, obtemos um excedente de biomassa que faz parte do custo operacional. Aproveitamos essa matéria-prima, que está na usina, para o etanol de segunda geração. Também há processos convergentes de fermentação e destilação. Outro ponto é a demanda por água. Parte-se de biomassa sólida e é necessário fazer sua diluição – e eu posso utilizar a água evaporada na unidade de primeira geração. Isso ajudou a conter a necessidade de investimentos complementares e a demonstrar aos acionistas que nossos processos poderiam ser mais competitivos." A produção conjunta de primeira e de segunda geração está sendo útil para garantir a sustentabilidade do processo, mas isso não significa que o modelo híbrido será dominante. "A vantagem de uma planta que opera apenas a segunda geração é que ela teria mais flexibilidade para produzir, trazendo matéria-prima de outras culturas adequadas ao processo produtivo", diz Artur Milanez, do BNDES.

Um expediente adotado na montagem das usinas de segunda geração foi combinar tecnologias licenciadas de outras empresas. Milanez lembra que existia uma crença de que o Brasil poderia se valer das tecnologias desenvolvidas no exterior, bastando eventuais ajustes de "tropicalização". "Sempre acreditamos que as adequações às características da biomassa brasileira seriam um desafio e o sucesso da Raízen mostra que era indispensável criar soluções localmente", afirma.

A GranBio comprou licenças de várias tecnologias para estabelecer sua usina em Alagoas, a Bioflex. A DSM, da Holanda, forneceu a primeira levedura testada, a Novozymes, da Dinamarca, enzimas para hidrólise, enquanto a italiana Mos-

si Ghisolfi (MG) foi a responsável pelos sistemas de pré-tratamento e hidrólise. A tecnologia não funcionou como o prometido, em especial o pacote adquirido do grupo da Itália. "O que se viu no primeiro momento foi um autêntico colapso do sistema", reconhece Bernardo Gradin, presidente da GranBio. Para complicar a situação, a GranBio perdeu seu principal interlocutor junto à MG com a morte trágica de um dos donos do grupo, Guido Ghisolfi, um aparente suicídio, em março de 2015, apenas quatro meses após a Bioflex iniciar seus testes. "Passamos quase um ano sem poder tocar na planta, que estava passando por perícias. O pioneirismo exigiu muito mais paciência do que imaginávamos."

A disputa foi parar em uma corte de arbitragem em Londres e o caso deve ter uma solução negociada em breve. No final de 2017, a empresa italiana entrou em recuperação judicial e interrompeu as atividades da planta que havia construído na cidade de Crescentino para produzir etanol a partir de palha de arroz e de trigo, e de cana-do-reino. Além dos R$ 750 milhões gastos na construção da planta e do sistema de cogeração de energia, a GranBio investiu R$ 150 milhões em P&D, o que envolveu uma equipe de 45 pesquisadores e a aquisição de patentes complementares, com apoio financeiro da Finep. Também investiu mais R$ 40 milhões em P&D para o desenvolvimento de variedades da chamada cana energia, capaz de fornecer mais de 2,5 vezes biomassa do que a cana tradicional.

Hoje, pouca coisa sobrou na Bioflex do pacote oferecido pelos italianos. Um novo processo de pré-tratamento foi desenvolvido e a hidrólise enzimática estendida. A M&G prometia promover a hidrólise em apenas 19 horas, enquanto a tecnologia atual requer entre 48 e 90 horas. Para dar suporte ao novo processo, foi necessário construir seis tanques de fermentação além dos dois que existiam, a fim de abrigar a biomassa por um período maior e adequar o sistema de efluentes. A GranBio investiu em tecnologia própria – criou, por exemplo, leveduras em parceria com a Unicamp – e foi buscar tecnologia fora: investiu em uma empresa norte-americana, a American Process Inc. (API), que havia desenvolvido plataformas de pré-tratamento de biomassa para produção de açúcar celulósico. Detém hoje mais de uma centena de patentes nos Estados Unidos.

A corrosão dos equipamentos também foi um problema sério para a empresa. Em um processo conhecido como explosão de vapor (*steam-explosion*), em que a biomassa é submetida a condições de temperatura e de pressão muito elevadas e sofre descompressão repentina, o choque do material com as paredes dos equipamentos do pré-tratamento provocava avarias quase diárias, interrompendo a produção. Foi necessário simplificar o processo, eliminando uma de suas etapas. "Saímos de uma tecnologia que se mostrou inviável, com dois estágios de pré-tratamento, sendo um deles com a *steam-explosion*, para uma tecnologia com um único estágio de cozimento menos severo, conhecido como LHW (Liquid Hot Water), acrescido de uma etapa de tratamento mecânico das fibras usando um equipamento específico para esse fim", explica Gradin. Com isso, a planta começou a operar: em 2017, atingiu capacidade para 28 milhões de litros de etanol de segunda geração – 5 milhões de litros foram exportados para os Estados Unidos.

Para assegurar a viabilidade comercial, são necessários mais recursos – R$ 35 milhões neste ano e R$ 45 milhões em 2019 – para alcançar uma produção de 45 milhões de litros e 60 milhões de litros, respectivamente. Em agosto, Gradin vai apresentar a GranBio em um evento na Holanda como uma empresa diferente daquela de 2014, agora com tecnologias desenvolvidas no Brasil e capacidade de licenciá-las mundialmente.

Embora discreto, um aumento do interesse na segunda geração é estimulado por nova escalada dos preços do petróleo – na casa dos US$ 75 dólares o barril nos últimos meses. Em entrevista ao jornal *Financial Times*, Feike Sijbesma,

1

Agressividade da palha de cana, rica em sílica, causou erosão nos equipamentos de pré-tratamento

Planta de etanol celulósico da DowDuPont, nos Estados Unidos, que está à venda (*à dir.*), e fardos de palha de milho coletados no estado de Iowa para produção do combustível (*à esq.*)

2

executivo da holandesa DSM, que produz etanol celulósico em Iowa, Estados Unidos, em parceria com a norte-americana Poet, disse que a cotação do petróleo amplia as chances de a empresa oferecer um produto competitivo. "Qual é o patamar confortável para nós? Por volta de US$ 70 o barril", disse.

Batizada de Project Liberty, a planta da Poet-DSM foi inaugurada em 2014. Sua meta é produzir 72 galões (272,5 litros) por tonelada de resíduo de milho e ela está perto disso: já obteve 70 galões (265 litros) por tonelada. Há um ano, o consórcio Poet-DSM anunciou a construção de uma unidade para fabricar as enzimas usadas para quebrar a celulose dos resíduos de milho. Segundo Sijbesma, o principal desafio tem sido organizar a coleta de resíduos de milho. A exemplo do que ocorreu com a cana, há dificuldades para remover sujeira e areia do material.

Na avaliação de Antonio Bonomi, do CTBE, parte da fragilidade no esforço de pesquisa em busca do álcool de celulose se deve ao fato de não existir um mercado mundial do combustível capaz de pressionar por avanços tecnológicos. "E mesmo no Brasil a segunda geração enfrenta a concorrência de primeira geração, uma rota de sucesso que funciona muito bem." Uma conjuntura mais favorável surgiu há dois anos, quando a Conferência de Paris estabeleceu o compromisso de limitar o aumento da temperatura no planeta e propôs cenários de baixa emissão de carbono em que a energia de biomassa tem papel essencial. No Brasil, o lançamento de uma nova Política Nacional de Biocombustíveis, que premia a produção sustentável de etanol, pode servir como um estímulo adicional à segunda geração (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 266*).

Pioneiro na pesquisa da utilização de biomassa para produção de energia, o biólogo norte-americano Lee Lynd, professor da Thayer School of Engineering, no Dartmouth College, sustenta que um equívoco cometido por governos e investidores foi apostar maciçamente na construção de grandes usinas, preocupando-se menos em financiar avanços tecnológicos capazes de reduzir custos de produção. No desenvolvimento das energias solar e eólica, ele observa, investiu-se primeiro em nichos para depois buscar alvos mais ambiciosos. Aplicações iniciais de pequeno porte propiciam um aprendizado mais rápido, defendeu Lynd em um artigo publicado em outubro na revista *Nature Biotechnology*. "As tecnologias das baterias foram empregadas em produtos eletrônicos antes de serem usadas em carros híbridos", exemplificou.

Lynd foi um dos fundadores da Mascoma, empresa de pesquisa em biocombustíveis que em 2005 recebeu aportes de investidores como Vinod Khosla, o fundador da Sun Microsystems, e do Departamento de Energia dos Estados Unidos. Como aconteceu com outras startups, não conseguiu viabilizar a meta de converter biomassa não comestível em etanol. Em 2014, a Mascoma foi vendida para uma empresa canadense, a Lallemand, interessada em leveduras desenvolvidas segundo uma técnica criada por Lynd. O biólogo, contudo, não desistiu dos planos originais. Trabalha em outra empresa, a Enchi, com propósitos semelhantes aos da Mascoma. ■

FOTOS 1 IOWA STATE UNIVERSITY 2 DUPONT

Genes em silêncio

Ferramenta molecular baseada na técnica de RNA de interferência pode auxiliar no combate a pragas agrícolas

Yuri Vasconcelos

O setor agrícola conta com uma nova ferramenta biotecnológica para combater pragas agrícolas, que causam grandes perdas às lavouras no mundo todo. As multinacionais norte-americanas Monsanto, recém-adquirida pela alemã Bayer, e DowDuPont obtiveram no ano passado aprovação para uso comercial nos Estados Unidos de uma semente transgênica feita com a técnica de silenciamento gênico por RNA (ácido ribonucleico) de interferência, ou simplesmente RNAi. Com efeito inseticida, ela foi criada para controlar a larva-alfinete americana (*Diabrotica virgifera*), fase larval de um besouro que é a principal ameaça às plantações de milho naquele país. É a primeira vez que moléculas de RNAi são usadas no combate a pragas do campo.

No Brasil, a empresa Tropical Melhoramento & Genética (TMG), com sede no Paraná e especializada em melhoramento genético de soja e algodão, espera dispor ainda este ano de uma molécula de RNAi para uso contra o percevejo-da-soja (*Euschistus heros*), importante praga da oleaginosa. O desenvolvimento da tecnologia está sendo feito por pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) também já criou um feijão transgênico com a técnica de RNAi, mas para controle de um vírus, conhecido como mosaico-dourado, que ataca esse plantio. Embora já aprovado desde 2011 pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), o produto ainda não foi comercializado.

Criadas em laboratório, as moléculas de RNAi neutralizam a ação de um gene-alvo em um organismo qualquer – daí a expressão silenciamento gênico. Seu mecanismo de ação é similar ao que ocorre naturalmente em todos os seres vivos ao lutar contra ataques virais. Quando isso ocorre, as defesas do organismo tentam neutralizar a ação do invasor, silenciando seus genes. De modo análogo, a tecnologia de RNAi faz com que a célula ataque o produto de seu próprio gene, como se estivesse destruindo o material genético viral, num processo similar ao de uma resposta autoimune. No uso agrícola, o RNAi é programado para inativar genes específicos de pragas e patógenos associados a processos essenciais à sua sobrevivência.

A descoberta de que o processo de interferência por RNA poderia ser usado a favor do organismo humano rendeu aos pesquisadores Andrew Fire e Craig Mello, do Instituto Carnegie, de Washington, o prêmio Nobel de Medicina de 2006. O achado foi promissor porque revelou uma nova forma de assumir o comando celular, abrindo um amplo leque de aplicações. Desde então, a ferramenta é aplicada na pesquisa básica para estudo da função gênica e, na área da saúde, é vista como uma promessa para o tratamento de doenças genéticas (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 133*).

FOTO GOODFREEPHOTOS.COM ILUSTRAÇÃO FREEPIK

Para entender como essa nova tecnologia funciona é preciso lembrar de processos da biologia celular, especificamente o mecanismo de expressão genética. Genes são segmentos da molécula de DNA que controlam as funções metabólicas das células, principalmente por meio da produção de proteínas. "Nossa informação genética está toda armazenada em nosso DNA. Para dar vida e uso a essa informação, o DNA deve, inicialmente, ser transcrito em RNA. Em seguida, esse RNA mensageiro é traduzido para proteínas. Esse é o processo básico de expressão gênica", explica o biólogo Alexandre Garcia, gestor de pesquisa da TMG.

Como o nome deixa claro, a molécula sintética de RNAi interfere no processo de tradução do RNA mensageiro em proteína, fragmentando-o. Ela intercepta e destrói as informações celulares conduzidas pelo RNA dentro da célula antes que sejam processadas e originem proteínas. Dessa forma, o processo de expressão gênica que dependia dos dados contidos naquele RNA não irá mais ocorrer.

MILHO PIONEIRO

O milho transgênico lançado pela Monsanto e DowDuPont foi batizado internamente de DvSnf7 e seu nome comercial é SmartStax. A sopa de letras é formada pelas iniciais da lagarta *Diabrotica virgifera* e o nome do gene-alvo, Snf7. Quando o inseto se alimenta da planta, a molécula de RNAi entra em seu organismo e silencia o gene Snf7, impedindo a produção de uma proteína que é vital para o funcionamento de tecidos da larva-alfinete americana. O resultado é a morte do inseto, conhecido como "o

LARVA-ALFINETE AMERICANA

A praga (*Diabrotica virgifera*) ataca a lavoura do milho nos Estados Unidos (*abaixo*) e causa grandes perdas aos agricultores

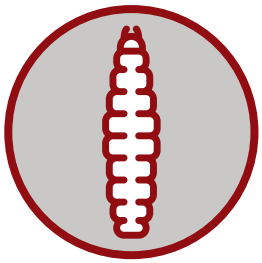


FOTO CLAUDIO BEZERRA

PERCEVEJO-DA-SOJA

Com cerca de 11 milímetros de comprimento, o *Euschistus heros* é considerado uma das principais ameaças às plantações da oleaginosa no país

besouro de US$ 1 bilhão" por causa do enorme prejuízo causado aos agricultores norte-americanos. A química brasileira Renata Bolognesi integrou a equipe da Monsanto que criou o milho transgênico.

"A aplicação da tecnologia de RNAi na agricultura é bastante promissora", destaca o engenheiro-agrônomo Henrique Marques-Souza, professor do Instituto de Biologia (IB) da Unicamp e líder de um grupo de pesquisa nacional sobre silenciamento gênico. Ele se especializou no tema durante o doutorado na Universidade de Colônia, na Alemanha, concluído em 2007, e o pós-doutorado na Universidade da Califórnia, em Berkeley, Estados Unidos, realizado entre 2008 e 2010. De volta ao Brasil, passou a lecionar na Unicamp, onde criou o Brazilian Laboratory on Silencing Technologies (Blast) e derivou seus estudos sobre silenciamento gênico para a agricultura.

Em 2012, Marques-Souza e o engenheiro-agrônomo Antonio Vargas de Oliveira Figueira, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (Cena-USP), montaram um banco de sequências da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) e realizaram ensaios de silenciamento gênico para diversos genes do inseto. "Esse trabalho deu visibilidade ao nosso grupo. Hoje, podemos desenvolver a tecnologia de RNAi para virtualmente qualquer praga de qualquer cultura", afirma o pesquisador da Unicamp. No ano passado, a técnica foi licenciada para a TMG pela Inova, a agência de inovação da Unicamp.

O primeiro produto a ser desenvolvido com a ferramenta pela empresa será destinado a controlar o percevejo-da-soja, uma das maiores ameaças à sojicultora nacional. "Esperamos ter definido até o fim do ano as melhores moléculas de RNA. Todo o trabalho será feito em caráter experimental e por meio de estudos controlados", conta Garcia, da TMG, destacando que o caminho para essas moléculas se tornarem um produto comercial é longo e depende tanto da tecnologia usada para promover sua aplicação como do cenário de aprovações legais.

O maior desafio para a criação de um inseticida com RNAi para aplicação tópica é a reduzida estabilidade da molécula no ambiente

Segundo Marques-Souza, há duas formas de fazer com que as moléculas de RNAi entrem em contato com as pragas: pela criação de plantas transgênicas, como a Monsanto e a DowDuPont procederam com o milho DvSnf7, ou pelo desenvolvimento de produtos inseticidas. Essa é a escolha da TMG, que planeja criar um produto para aplicação tópica, como, por exemplo, um pulverizador. "Além de diminuir o tempo gasto para a produção de uma planta transgênica, o RNAi tópico pode ser considerado um produto natural, pois se trata de uma molécula biológica que não causa alterações genéticas na cultura de interesse ou no organismo desejado", explica Marques-Souza.

A criação de um inseticida com RNAi, no entanto, não é trivial, e alguns obstáculos precisam ser superados. "Essas moléculas se degradam rapidamente no ambiente, o que dificulta a criação de um produto para aplicação na lavoura. Por isso, já existem investigações que buscam empregar recursos da nanotecnologia para proteger a molécula de RNAi [*ver* Pesquisa FAPESP *nº 266*] e

Como funciona a técnica

As moléculas de RNAi inativam genes vitais para a sobrevivência de insetos que atacam plantações

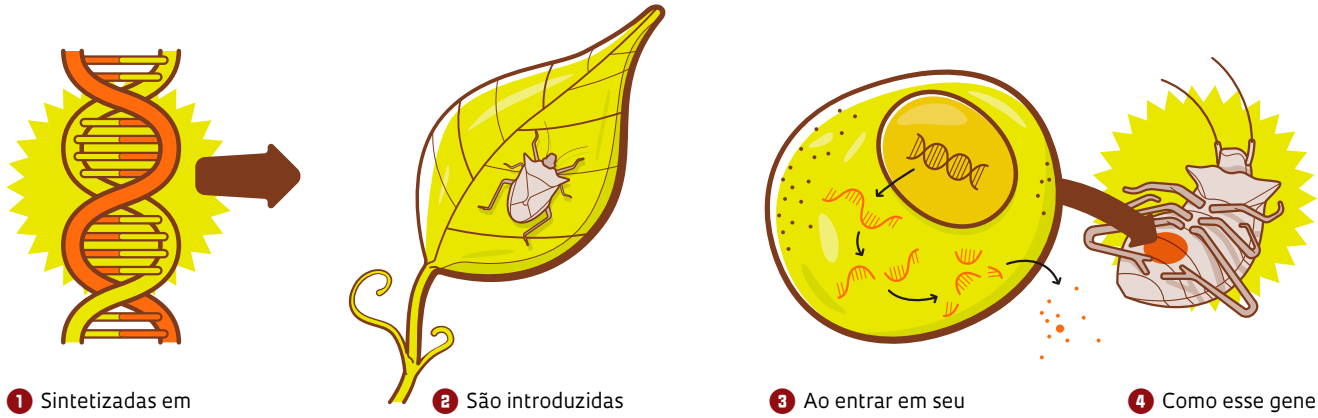


ILUSTRAÇÃO ALEXANDRE AFFONSO

1 Sintetizadas em laboratório, as moléculas de RNAi podem ser usadas para produção de plantas transgênicas ou na formulação de inseticidas

2 São introduzidas no inseto que se deseja controlar no momento em que ele se alimenta da planta ou após a aplicação tópica

3 Ao entrar em seu organismo, elas atuam em seu processo celular, impedindo que o produto do gene-alvo (RNA mensageiro) seja copiado como proteína

4 Como esse gene está associado a um processo vital da praga, ao ser silenciado ele ocasiona a morte do inseto

FONTES HENRIQUE MARQUES-SOUZA E ALEXANDRE GARCIA

elevar sua estabilidade", destaca o biólogo Fernando Luís Cônsoli, do Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) da USP, em Piracicaba, interior paulista.

O nanoencapsulamento de moléculas de RNAi é o tema do projeto de doutorado do biólogo Cyro von Zuben, aluno do IB-Unicamp orientado por Marques-Souza. Até o fim do ano deverão ser realizados ensaios com nanopartículas de argila, em conjunto com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), do governo paulista, e com o Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano), do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), para diversas espécies-alvos em estudo no laboratório Blast. Na Austrália, um grupo de pesquisa publicou há pouco tempo um artigo descrevendo o uso de nanopartículas que garantem a integridade e a entrega de RNAi por 30 dias.

Cônsoli também alerta que o processo de seleção de moléculas de RNAi deve considerar o risco de elas afetarem a própria planta ou organismos não alvo da tecnologia, inclusive o homem. De acordo com Marques-Souza, essa é uma preocupação real, mas que pode ser superada. "Quando se seleciona um gene-alvo para atingir o organismo de uma praga, devemos ter o cuidado de não escolher uma sequência gênica que seja complementar a um gene da planta ou de qualquer outro organismo que se alimente dela. Se este cuidado for tomado, o silenciamento gênico só ocorrerá no organismo-alvo", diz. "A garantia de que o RNAi não terá nenhum efeito em humanos só virá com muito estudo."

Alexandre Garcia reforça: "A tecnologia é baseada em sequências de RNA. Todos os seres vivos possuem sequências em comum, mas as espécies têm inúmeras sequências únicas que as diferenciam de outras espécies". Hoje, com a quantidade de informações e bases de dados de genomas à disposição, é possível achar sequências que são exclusivas da espécie-alvo e desenhar moléculas que irão atuar apenas nessas sequências. "Dessa forma, todo o processo se torna específico e exclusivo para o organismo-alvo", sustenta.

NORMA DA CTNBIO

Um passo importante para a regulamentação do uso do RNAi tópico no Brasil foi dado no início do ano quando a CTNBio publicou uma normativa definindo a tecnologia como um método que não envolve transgenia e classificando-a de Técnica Inovadora de Melhoramento de Precisão (Timp). Com isso, ela não estará necessariamente sujeita aos mesmos critérios de aprovação exigidos para organismos geneticamente modificados.

"O processo para gerar uma planta transgênica e passar por todos os mecanismos regulatórios globais para aprovar seu cultivo comercial é extremamente caro e demorado, podendo ultrapassar os US$ 100 milhões e 15 anos", diz Garcia. "O uso da tecnologia de RNAi como produto de aplicação tópica, para o caso do percevejo-da-soja, é mais promissor. Essa tecnologia deverá estar à disposição dos agricultores brasileiros em alguns anos." ■

Projeto

RNAi para controle de Tuta absoluta em tomateiro (nº 11/12869-6); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Regular; **Pesquisador responsável** Antônio Vargas de Oliveira Figueira (USP); **Investimento** R$ 153.800,39.

Artigos científicos

PARTHASARATHY, R. *et. al.* Physiological and cellular responses caused by RNAi-mediated suppression of Snf7 orthologue in western corn rootworm (Diabrotica virgifera virgifera) larvae. **PLOS ONE**. On-line. 18 jan. 2013.

CAMARGO, R. A. *et. al.* RNA interference as a gene silencing tool to control Tuta absoluta in tomato (Solanum lycopersicum). **PeerJ.** On-line. 15 dez. 2016.

Começam a surgir as primeiras startups bilionárias no Brasil

Hábitat de **unicórnios**

Suzel Tunes

O primeiro trimestre de 2018 foi marcante para o segmento tecnológico brasileiro: em pouco menos de dois meses, duas startups entraram para o seleto Clube dos Unicórnios – nome pela qual a investidora norte-americana Aileen Lee batizou o grupo das empresas de base tecnológica que alcançam o valor de mercado de US$ 1 bilhão. Em artigo escrito em 2013, a investidora estimava que apenas 0,07% das startups conseguiriam realizar a proeza – quase tão "rara e mágica" quanto o animal da mitologia.

A primeira startup a alcançar o feito foi a 99 Tecnologia, que nasceu em 2012 oferecendo um aplicativo (App) para táxis. Em janeiro deste ano, a 99 foi avaliada em U$ 1 bilhão e adquirida pela chinesa Didi Chuxing – que já tinha participação na startup desde janeiro de 2017, quando investiu mais de US$ 100 milhões.

Em março, o Nubank chegou a esse valor, depois de conseguir investimentos de US$ 150 milhões. O Nubank é uma fintech – startup financeira – criada em 2013 para oferecer cartões de crédito sem anuidade e taxas de juros abaixo da média de mercado. O empreendimento foi concebido pelo colombiano David Vélez, 36 anos, formado em engenharia pela Universidade Stanford, Estados Unidos; pelo norte-americano Edward Wible, 34 anos, que cursou ciência da computação na Universidade Princeton, também nos Estados Unidos; e pela brasileira Cristina Junqueira, 35 anos, engenheira de produção graduada na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP). Os três fizeram MBA em negócios.

Vélez veio a São Paulo em 2011 como funcionário da Sequoia – fundo de capital de risco norte-americano – para prospectar oportunidades de investimentos em empresas de base tecnológica, mas não achou nada interessante. Em 2013 se demitiu e teve a ideia de criar um cartão de crédito diferente, gerenciado apenas por aplicativo. Quando conseguiu o primeiro investimento, convidou para sócios Cristina, que levou a experiência adquirida no Itaucard, e Wible, que estava na Argentina e é especialista em big data. Mais de 3 milhões de usuários de cartões de crédito depois, em março deste ano, Vélez anunciou que o Nubank havia se tornado um unicórnio. Já se especula que o próximo poderá ser a Movile, dona de aplicativos populares como o iFood e o PlayKids.

Vélez costuma dizer que o Nubank nasceu e prosperou durante a crise econômica. O cenário adverso dos últimos anos também não assusta Renato Freitas, engenheiro mecatrônico formado pela Poli-USP, um dos fundadores da 99 Táxis. "A parte interessante de trabalhar com projetos inovadores é que eles sofrem muito pouco com a flutuação macroeconômica. Sempre há espaço para novas tecnologias. Depois que a 99 virou unicórnio e está sendo seguida de outros, acho que o Brasil vai atrair mais olhares de investidores estrangeiros, o que deve aquecer o mercado de startups", afirma.

Um modelo de negócios comprovado, que gere valor; escalável, ou seja, capaz de crescer rapidamente; e competências que tragam um diferencial competitivo às empresas são os fatores que podem levar uma startup a se transformar em unicórnio, na avaliação de Marcelo Caldeira Pedroso, livre-docente pela Faculdade de Economia, Administra-

ção e Contabilidade da USP (FEA-USP) e coordenador do Mestrado Profissional em Empreendedorismo da FEA-USP. A 99 é uma das empresas que preencheram esses critérios.

Para começar, os fundadores da 99 inspiraram-se em um negócio que já havia sido testado com sucesso no exterior. Segundo Freitas, a ideia da empresa surgiu quando Ariel Lambrecht, colega na mecatrônica da Poli, viajou à Alemanha e usou o primeiro aplicativo de táxi do mundo, o MyTaxi. "Achamos uma boa ideia lançar isso no Brasil por conta dos desafios de transporte que existem aqui: transporte público caro, trânsito congestionado, entre outros", conta Freitas. O investimento inicial foi de R$ 50 mil.

O desafio da expansão foi vencido pelo conhecimento aprofundado das características e necessidades do público-alvo. "Os taxistas, na época, ainda utilizavam o que chamamos *feature phones*, ou seja, aqueles que não são smartphone. Fizemos um trabalho bastante intenso para ensiná-los quais smartphones comprar, como utilizá-los e quais aplicativos poderiam ajudá-los no dia a dia", relata. Freitas conta que, junto com Ariel, pesquisava a localização de pontos de táxi pelo Google Maps e saía para "panfletar" praticamente todos os dias, durante os primeiros meses da empresa, em 2012. "Já era o aplicativo final, as únicas pessoas que usaram no período de desenvolvimento fomos Ariel e eu. Mas o desenvolvimento não parou nunca, sempre tivemos coisas novas. Essa proximidade nos permitiu entender melhor o perfil desse público e conseguimos traduzir as análises no nosso aplicativo. Pesquisas nos indicaram, depois, que os taxistas preferiam nosso App, pois o consideravam mais intuitivo e fácil de usar."

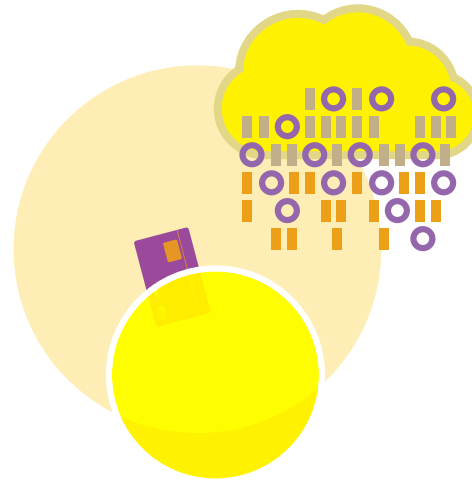
Outros desenvolveram App semelhante e não obtiveram sucesso. O que fez a diferença na 99 foi o time, diz Renato Freitas, um dos criadores da empresa

Mas, segundo Freitas, não foi nem o aplicativo nem a oportunidade de negócio a razão preponderante para o sucesso da 99, mas o terceiro fator apontado por Pedroso, da FEA: as competências da equipe. "Muitas empresas desenvolveram o mesmo serviço por aplicativo, tiveram a mesma oportunidade de negócio e não obtiveram tanto sucesso. O que fez a diferença na 99 foi o time. Sempre buscamos contratar pessoas com paixão pelo desafio da empresa", afirma. O grupo inicial foi composto por Lambrecht e Freitas, focados no desenvolvimento do produto, e Paulo Veras, também ex-aluno da Poli, que já contava com experiência na criação de startups como a Tesla, uma das primeiras empresas especializadas no desenvolvimento de sites e e-commerce.

"Nós três somos bem diferentes, apesar de termos a mesma formação. Eu sempre cuidei mais da área de tecnologia e como ela se relaciona com o produto. Paulo tratava de negócios, do financeiro, marketing e recursos humanos. E Ariel foi responsável principalmente por produto, ele era a 'cola' que juntava várias áreas, principalmente focado em como elas impactam os nossos clientes", afirma Freitas. Em 2017, a empresa ampliou os seus serviços: passou a aceitar também motoristas particulares, tornando-se concorrente da norte-americana Uber, já instalada no Brasil desde 2014. Cresceu ainda mais e chamou a atenção da chinesa Didi Chuxing, que busca superar a Uber no mercado global, expandindo-se pela América Latina.

Hoje, já sob o controle da Didi Chuxing, a 99 conecta mais de 300 mil motoristas a 14 milhões de passageiros em mais de 400 cidades no Brasil. Em fevereiro de 2018 lançou um novo aplicativo, desenvolvido em parceria por brasileiros e chineses. "O desenvolvimento envolveu mais de 250 profissionais dos times de engenharia e produto no Brasil e na China", diz João Costa, líder da área de produtos da 99. "O App tem um algoritmo que utiliza inteligência artificial para acelerar a distribuição de corridas, reduzindo em até 20% o tempo em que um passageiro espera por um motorista", afirma.

Após a venda da 99, Freitas e Lambrecht partiram para uma nova empreitada, agora em sociedade com Eduardo Musa, ex-CEO da Caloi: um serviço de compartilhamento de bicicletas com sistema de redistribuição livre, pelo qual as bikes são liberadas por meio de um aplicativo de celular. Chamado de dockless, esse modelo dispensa as estações obrigatórias de parada: as bicicletas são equipadas com GPS e podem ser deixadas em qualquer lugar após o uso. O próximo usuário precisará destravá-la usando o celular para ler o QRCode, que é estampado na bike.



O ecossistema evoluiu, mas as startups continuam voltadas apenas para o mercado interno, afirma Pinho, da UFSCar

Batizada de Yellow, a startup pretende oferecer, a partir de julho, 20 mil bicicletas para deslocamentos curtos na cidade de São Paulo, com o plano de chegar a 100 mil. "A ideia da Yellow surgiu na China, nós fomos para lá e utilizamos um serviço semelhante. Gostamos muito de fazer *benchmark*, entender como outras empresas solucionaram os problemas em outros países. Mas não gostamos de copiar. Desenvolvemos a solução do zero, considerando os aprendizados de outras empresas e nossos valores", diz Freitas.

O sucesso dessas novas empresas inovadoras não foi uma surpresa para alguns dos estudiosos do mundo corporativo. O Brasil finalmente estaria vivendo um momento de "amadurecimento do ecossistema de inovação", como define Moacir de Miranda, chefe do Departamento da FEA-USP. "Estamos entrando agora no século XXI", afirma. Para o pesquisador, o mercado tem percebido que a gestão estratégica do conhecimento é uma questão de sobrevivência. "As empresas estão investindo no conhecimento como diferencial competitivo. O que discutíamos há 20 anos está começando a acontecer agora em larga escala."

Segundo Miranda, a entrada do setor privado no campo da inovação seria um dos principais fatores para a criação de um hábitat favorável às startups. "Há 10 anos, as incubadoras eram quase exclusivamente iniciativas universitárias. Hoje, grandes corporações financiam incubadoras e *coworkings*, criando unidades de negócios que tentam fazer inovação disruptiva. Ao assumir o protagonismo, a empresa trouxe uma dinâmica nova ao setor", diz ele. O aumento do interesse privado pela inovação ocorreu junto com a diminuição do investimento público, resultado da crise econômica.

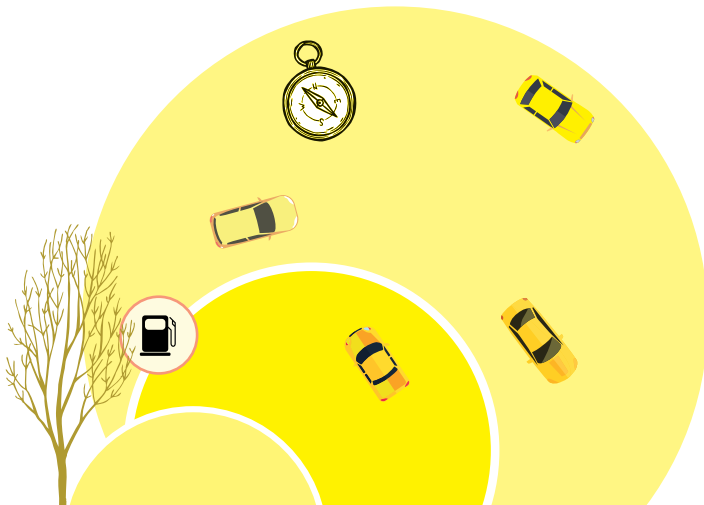
"O investimento em inovação caiu dramaticamente a partir de 2014. Hoje está no nível mais baixo dos últimos 10 anos", afirma Miranda, referindo-se a dados da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). Segundo o relatório *Indicadores nacionais de ciência, tecnologia e inovação 2017*, do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), entre 2014 e 2015 o investimento do setor privado do país em P&D aumentou de R$ 37,4 bilhões para R$ 38,1 bilhões, apesar da crise econômica. A publicação, que reúne dados da Pesquisa de Inovação do IBGE (Pintec) e estudos feitos pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), fornece um retrato sobre a inovação no Brasil.

Para o economista Marcelo Pinho, do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e pesquisador nas áreas de economia industrial e economia da tecnologia, a universidade tem um papel importante na capacitação dos futuros empreendedores, mas a estratégia tecnológica parte da experiência empresarial. É nesse ponto que a maioria das startups brasileiras cometeria seu "pecado original". "As empresas de base tecnológica brasileiras não costumam desenvolver inovações em escala global nem visar mercados fora do país", afirma ele.

Pinho avalia que as brasileiras geralmente operam em nichos, o que limita seu crescimento horizontal, ou seja, a expansão em seus mercados de origem. A restrição no posicionamento de mercado geralmente está associada a uma estratégia tecnológica que não leva à inovação primária. "Essas empresas frequentemente adotam a reprodução de um negócio que já foi desenvolvido no exterior." Por isso, ele não é tão otimista em relação ao atual estágio de desenvolvimento das startups no país.

Segundo o pesquisador, pelo fato de que outros empecilhos ao crescimento de empresas tenham sido atenuados nos últimos anos – com a multiplicação de esquemas privados de financiamento e uma legislação mais favorável ao relacionamento universidade-empresa com a criação do Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação –, entende-se que houve uma evolução no ecossistema. No entanto, as empresas de base tecnológica ainda são voltadas essencialmente ao mercado interno, um problema compartilhado com outras economias periféricas. ■

JÚLIA CHEREM RODRIGUES E FREEPICK



A vida nos partidos políticos

INFOGRÁFICO ANA PAULA CAMPOS ILUSTRAÇÃO ESTÚDIO REBIMBOCA

Inédito no país, estudo revela quem são e o que pensam os militantes partidários

Glenda Mezarobba

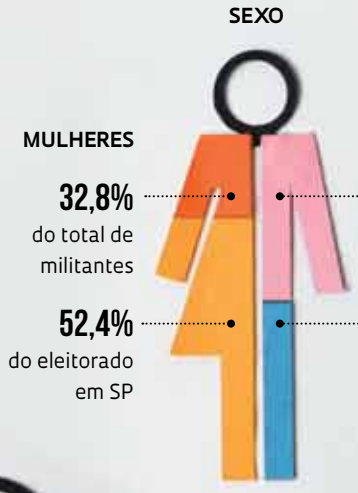
Os militantes dos maiores partidos políticos brasileiros são mais velhos, mais escolarizados e com rendimento superior à média da população. Apesar de suas crenças e atitudes positivas em relação à participação política e às instituições, estão insatisfeitos com a democracia intrapartidária. Os dados são resultado do primeiro levantamento feito com filiados partidários no Brasil e fazem parte do projeto temático "Organização e funcionamento da política representativa no estado de São Paulo (1994 e 2014)", desenvolvido nos últimos cinco anos sob responsabilidade de Rachel Meneguello, professora titular do Departamento de Ciência Política do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas (DCP-IFCH-Unicamp).

Total de entrevistados
445

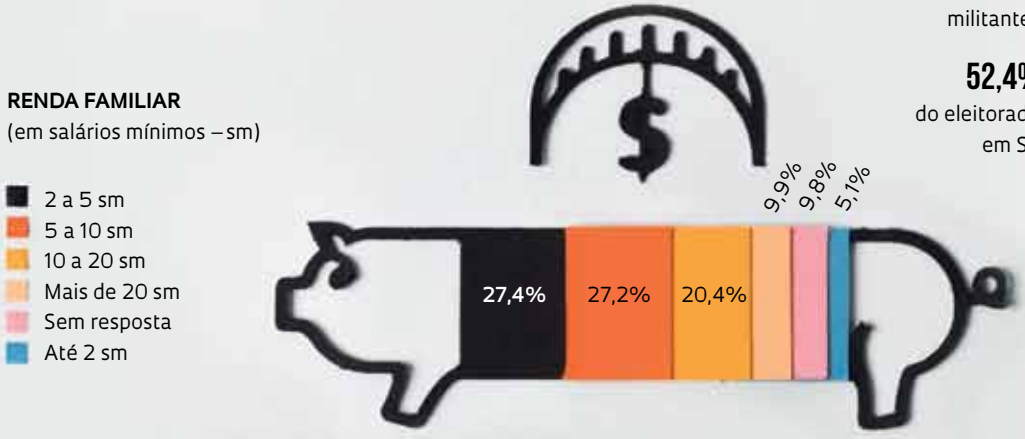
Perfil dos filiados

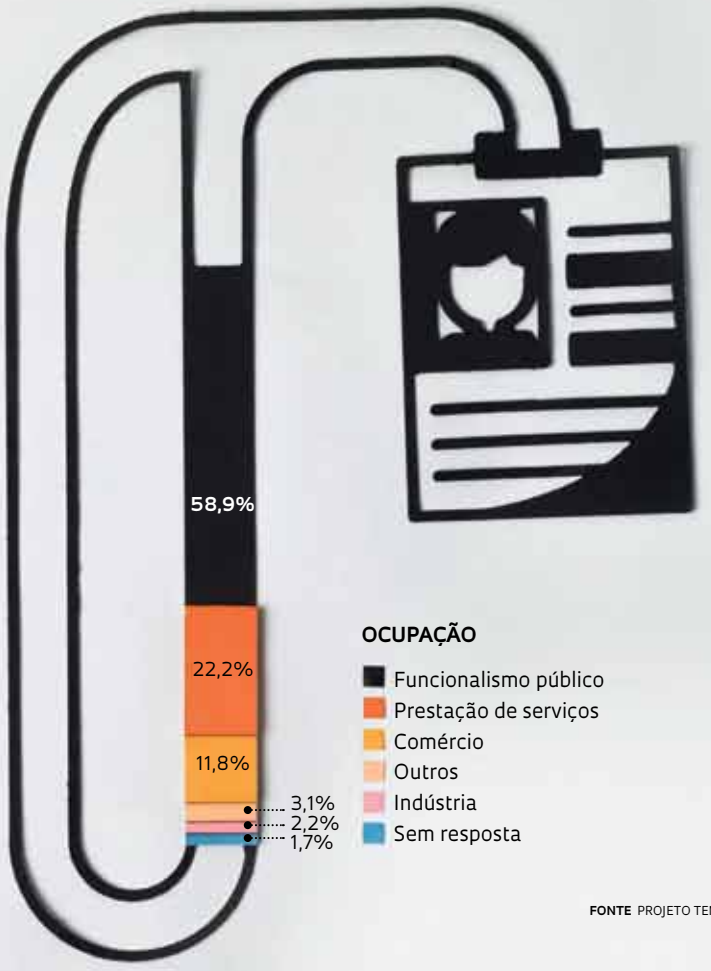
ESCOLARIDADE

SEXO



RENDA FAMILIAR
(em salários mínimos – sm)



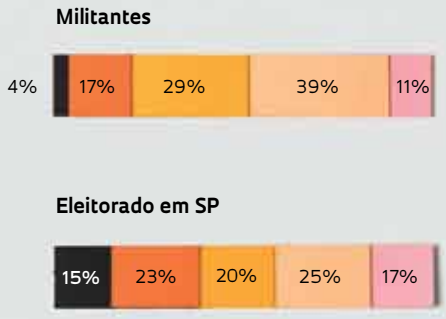


OCUPAÇÃO

- Funcionalismo público
- Prestação de serviços
- Comércio
- Outros
- Indústria
- Sem resposta

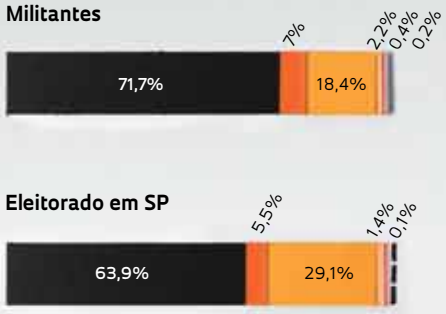
FAIXA ETÁRIA

- 16-24 anos
- 25-34 anos
- 35-44 anos
- 45-59 anos
- 60 anos ou mais



COR
(autodeclaração)

- Branco
- Preto
- Pardo
- Amarelo
- Indígena
- Sem resposta



FONTE PROJETO TEMÁTICO "ORGANIZAÇÃO E FUNCIONAMENTO DA POLÍTICA REPRESENTATIVA NO ESTADO DE SÃO PAULO (1994 E 2014)"

A pesquisa foi realizada no estado de São Paulo com 445 integrantes dos 10 maiores partidos brasileiros, que reúnem cerca de 80% dos filiados no país: DEM, PDT, PMDB, PP, PPS, PR, PSB, PSDB, PT e PTB. Responsáveis pela eleição de 86% dos deputados federais em 2010 e de 72%, quatro anos depois, tais agremiações concentram 2,4 milhões dos 3 milhões de filiados no estado mais desenvolvido economicamente do país, que conta com 32 milhões de votantes, aproximadamente 20% do eleitorado nacional. O número de entrevistados, todos com filiação partidária autodeclarada, respeitou a proporção de filiados da dezena de partidos selecionados. Os dados foram coletados entre outubro e dezembro de 2013, em 22 municípios de todas as regiões de São Paulo, inclusive a capital, escolhidos por sorteio. O projeto inova ao fazer um estudo interno da vida partidária. "Trata-se da primeira pesquisa, de natureza acadêmica, no país, que ouviu diretamente integrantes de partidos políticos", informa Rachel.

O ineditismo da pesquisa pode ser compreendido à luz da dificuldade de acesso aos dados sobre militância. No Brasil, a filiação partidária é regulamentada e controlada pela justiça eleitoral e constitui requisito obrigatório para quem quer se candidatar a um cargo eletivo. Mas, além de serem sigilosas as informações que poderiam permitir a localização dos filiados, a maioria das siglas também não tem um registro preciso de seus integrantes. "Tudo isso dificulta a realização de *surveys* com amostragem representativa do universo dos filiados", observa o cientista político Oswaldo do Amaral, professor do DCP-Unicamp, que, junto com o também cientista político Pedro Floriano Ribeiro, do Departamento de Ciências Sociais da Universidade Federal de São Carlos (DCS-UFSCar), responde pela análise dos dados. Para contornar esse obstáculo, optou-se por concentrar a coleta de informações em pontos de encontro da militância, como diretórios municipais, prédios públicos, além de praças e avenidas centrais.

O resultado desse esforço permitiu aos pesquisadores traçar o perfil sociodemográfico dos militantes e compará-lo a características da população em geral. Enquanto o eleitorado do estado de São Paulo é predominantemente feminino, com 52,4% de mulheres votantes, a militância é majoritariamente masculina, com 67,2% dos filiados. Dos militantes, 68% estão na faixa etária entre 35 e 59 anos – contra 45% do eleitorado estadual. Autodeclararam-se brancos 71,7% dos militantes. A exemplo do observado na população brasileira, a religião predominante é a católica, com 58% dos filiados. A maioria dos militantes entrevistados, representada por 59,3%, tem curso superior, ainda que incompleto. Em relação à renda familiar, 27,4% informaram ganhar entre 2 e 5 salários mínimos. Número praticamente idêntico declarou receber entre 5 e 10 salários mínimos e cerca de 10% dos militantes mais de 20 salários mínimos.

RELIGIÃO

FONTE PROJETO TEMÁTICO "ORGANIZAÇÃO E FUNCIONAMENTO DA POLÍTICA REPRESENTATIVA NO ESTADO DE SÃO PAULO (1994 E 2014)"

O perfil não surpreendeu os estudiosos. "Tanto os *surveys* gerais como as entrevistas realizadas apenas com filiados traçam o mesmo perfil do militante contemporâneo nas democracias mais tradicionais: homem, mais velho do que a média da população, e com *status* superior em termos de renda e escolaridade", explica Amaral. A ocupação prevalecente dos militantes entrevistados é o funcionalismo público; 58,9% são servidores de empresas ou órgãos públicos. Dos entrevistados, 45% informaram que exerciam ou já haviam exercido alguma atividade remunerada ligada ao partido. A predominância de servidores públicos entre os militantes políticos pode ser compreendida, na avaliação de Amaral, pela importância dos recursos estatais para o funcionamento das agremiações. "Cada vez mais os partidos dependem de recursos estatais. Tanto para campanhas e eleições quanto para fazer suas máquinas funcionarem. Os políticos indicam para suas assessorias e cargos de confiança pessoas ligadas aos próprios partidos. Esses assessores realizam atividades vinculadas ao Estado, mas também partidárias, como campanhas e encontros com militantes, por exemplo", diz. De acordo com o pesquisador, trata-se de fenômeno comum a todos os partidos políticos, em todo o mundo.

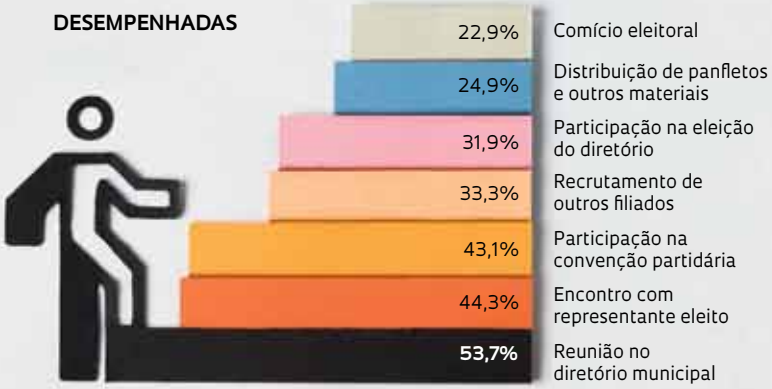
ATIVISMO

Movidos por suas convicções políticas, 37,1% dos militantes decidiram se filiar a um partido, enquanto 28,5% resolveram se inscrever pela possibilidade de convivência partidária. A maioria dos militantes (29,2%) foi recrutada pela própria legenda, inclusive em comícios eleitorais, ou seguiu sugestão de amigos e parentes (27,6%). 9,2% aceitaram ingressar em um partido depois de terem sido procurados por políticos eleitos e 8,8% inscreveram-se em decorrência de participação sindical. Cerca de um quarto dos militantes faz contribuições financeiras periódicas à legenda à qual está filiado – mensalmente ou anualmente. Percentual praticamente idêntico fez doações para as campanhas eleitorais de 2010 ou 2012.

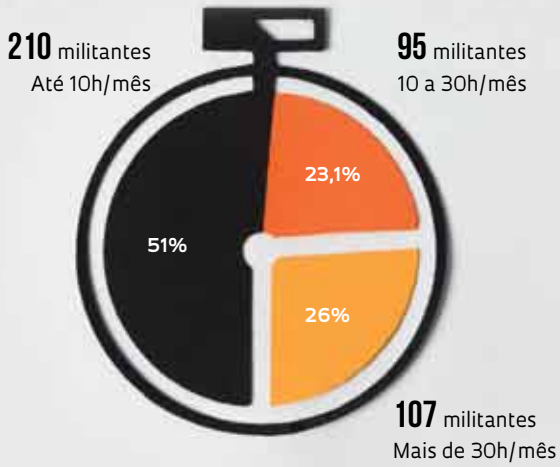
A maioria dos filiados pode ser considerada atuante. 89% disseram dedicar algum tempo por mês ao fazer partidário e 81% declararam ter se envolvido em alguma atividade em 2013, ano da pesquisa, quando não houve eleições no país. 26% informaram destinar mais de 30 horas por mês ao partido. Naquele ano, mais de 50% participaram de reuniões do diretório local, 44% se encontraram com representantes eleitos e 33% estiveram envolvidos no recrutamento de novos integrantes. Quando questionados sobre as prin-

Militância dedicada

ATIVIDADES DESEMPENHADAS



MÉDIA MENSAL DE HORAS DESTINADAS AO PARTIDO



FONTE PROJETO TEMÁTICO "ORGANIZAÇÃO E FUNCIONAMENTO DA POLÍTICA REPRESENTATIVA NO ESTADO DE SÃO PAULO (1994 E 2014)"

cipais funções que um partido deve desempenhar, a maioria dos militantes indicou aquelas consideradas, pelos estudiosos, "representativas clássicas", de articulação e expressão de demandas: 47% citaram a promoção de ideias e ideologias e 42% a representação de grupos sociais. "Trata-se de visão idealizada do partido, como ponte entre a sociedade civil e o governo", observa Ribeiro.

Para compreender a intensidade da participação política, Amaral e Ribeiro utilizaram um modelo analítico derivado do "modelo geral de incentivos". Desenvolvido pelos britânicos Patrick Seyd e Paul Whiteley, a partir de 1992, o modelo reúne explicações sociopsicológicas e da teoria dos incentivos e é considerado o mais completo para se compreender a participação de indivíduos. Segundo Amaral e Ribeiro, a variável dependente foi construída tomando como base o número de horas que os filiados destinam, mensalmente, ao fazer partidário. A opção se deveu a três razões: a existência de trabalhos comparativos recentes que utilizam a mesma medida para dimensionar o nível de ativismo dos filiados, o fato de as atividades mais comumente desempenhadas serem muito similares entre si e a constatação de que cada militante realiza, em média, 3,38 atividades distintas. Considerando as categorias existentes nos questionários aplicados, os militantes foram reunidos em três grupos: os que se dedicam por até 10 horas ao mês, os que se dedicam entre 10 e 30 horas por mês e os que se dedicam mais de 30 horas mensais.

Os pesquisadores constataram que os três tipos de eficácia política avaliados – eficácia do voto, do partido e da atuação no partido – mostraram-se estatisticamente significativos. Os resultados da aplicação do modelo serão tornados públicos em breve, em periódico internacional da área. "Quanto maior a crença na importância da atuação política individual ou do partido, maior a chance de dedicar mais horas às atividades partidárias", observam em artigo conjunto. Confirmando a expectativa dos pesquisadores, escolaridade e sexo têm impacto no nível de ativismo. "Ter frequentado um curso superior amplia a probabilidade de participação mais intensa nas atividades partidárias em cerca de 70%; ser homem, em mais de 50%." Segundo Amaral e Ribeiro, a variável "tipos de incentivo" não apresentou significância estatística. "Os principais motivos para a filiação não são capazes, isoladamente, de explicar a participação de maior intensidade, o que contraria parte de nossa hipótese e da literatura que afirma a importância dos incentivos coletivos como principal motivação do ativismo." A única variável que apresentou resultado diferente do imaginado foi "*status* ocupacional": "Os militantes que possuem trabalho formal participam menos das atividades partidárias. Como a variável 'escolaridade' continuou atuando no sentido esperado, é difícil fazer considerações mais definitivas a respeito desse resultado", escreveram os pesquisadores.

EFICÁCIA

Em relação à eficácia da própria participação política, para 68% dos militantes o voto individual tem muita influência nos rumos do Brasil. O nível de influência dos partidos na política nacional, por sua vez, recebeu média 5,4 dos respectivos filiados, considerada a escala que vai de 1 (pouca) a 7 (muita). A maioria dos militantes, entretanto, apontou considerar reduzida sua influência, quando avaliada a participação individual no

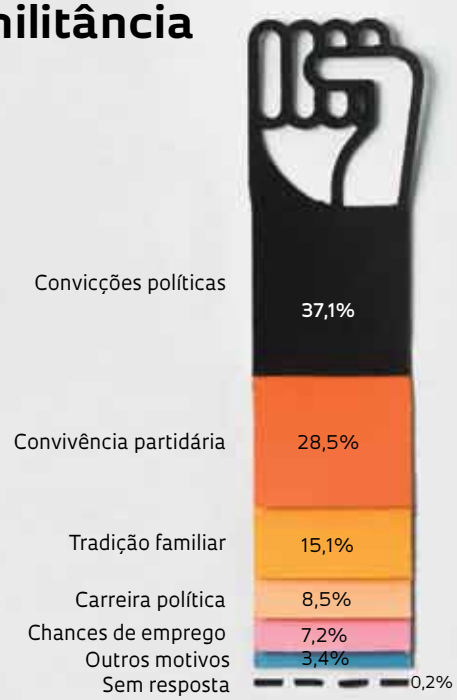
processo decisório do próprio partido. A média geral de 3,76 pode ser interpretada, explicam os autores do artigo, como sintoma de avaliação negativa acerca da democracia interna das agremiações e sugere que os militantes não veem muitos canais de participação. "Essa insatisfação com a democracia intrapartidária é também encontrada entre os filiados das democracias mais estabelecidas", informam.

De acordo com Amaral e Ribeiro, os resultados da pesquisa reforçam o que indica parte da literatura recente sobre os partidos brasileiros e contrariam argumento disseminado por aqueles que insistem em considerá-los meras "ficções legais". Também descontroem noção sugerida pelo senso comum: os partidos políticos têm vida interna mesmo fora dos períodos eleitorais e existe um "núcleo duro" de militantes que não difere muito, em quantidade e perfil, do encontrado em agremiações de outros países. Considerado seu nível de enraizamento, os partidos brasileiros não são frágeis como se poderia supor. Há crença na eficácia da ação política, mas, refutando parte da hipótese inicial dos pesquisadores, o tipo de benefício esperado pelo militante não impacta em seu nível de ativismo no interior do partido. "A busca por incentivos coletivos, importante fator explicativo da participação de alta intensidade em outros contextos, não é significativa entre os militantes brasileiros", registram. Além disso, a crença nas instituições é superior à observada na população em geral.

BASES DE DADOS

Cerca de 17 milhões de brasileiros, o que significa mais de 11% do eleitorado nacional, estão filiados a um dos 35 partidos políticos existentes no país. De acordo com Amaral e Ribeiro, a porcentagem é superior à encontrada em democracias europeias mais antigas, cuja taxa média é de 5%, e também maior do que a observada em países como Espanha e Portugal e nações pós-comunistas. Uma das possíveis explicações para o fenômeno, cuja compreensão depende do aprofundamento das análises, estaria no grande número de municípios brasileiros e no vasto terreno de competição que isso representa. Além disso, os registros oficiais e dos próprios partidos costumam ser superestimados. "Isso ocorre em todos os países e é reconhecido pela literatura internacional. No caso do estado de São Paulo, além de indicar a entrada de novos filiados alguns meses antes das eleições municipais, e a permanência dos que já integravam as agremiações, há que se considerar que os partidos não costumam registrar a saída de seus militantes", explica Amaral. Ribeiro diz que os achados da pesquisa realizada no estado podem ser extrapolados conceitualmente para todo o país. "Creio que vamos encontrar militan-

Razões para a militância



FONTE PROJETO TEMÁTICO "ORGANIZAÇÃO E FUNCIONAMENTO DA POLÍTICA REPRESENTATIVA NO ESTADO DE SÃO PAULO (1994 E 2014)"

CONFIANÇA NAS INSTITUIÇÕES

FONTES DADOS DA MILITÂNCIA (N=445): PROJETO TEMÁTICO "ORGANIZAÇÃO E FUNCIONAMENTO DA POLÍTICA REPRESENTATIVA NO ESTADO DE SÃO PAULO (1994 E 2014)". DADOS DA POPULAÇÃO BRASILEIRA (N=3300): FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. NOS DOIS LEVANTAMENTOS, REALIZADOS EM 2013, OS DADOS EXPRESSAM A SOMA DAS CATEGORIAS "MUITA CONFIANÇA" E "ALGUMA CONFIANÇA"

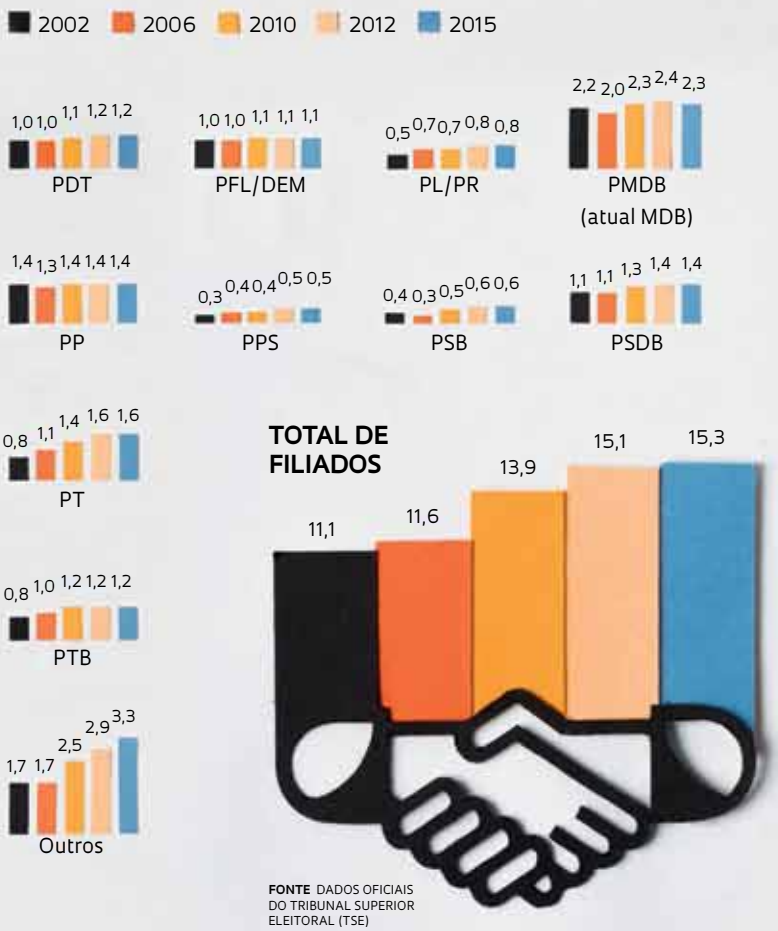
tes ativos nos principais partidos de outras unidades da federação, mas só será possível afirmar, com segurança, que os resultados da pesquisa são válidos para todo o país quando for realizado um levantamento nacional, nos mesmos moldes", observa.

Constituído para analisar a organização e o funcionamento da política representativa no estado de São Paulo, entre 1994 e 2014, o perfil da militância partidária paulista é apenas um dos aspectos desenvolvidos no âmbito do projeto temático coordenado por Rachel Meneguello e integrado por outros seis professores e 25 estudantes de quatro instituições de ensino superior e pesquisa do estado – além de UFSCar e Unicamp, também participaram as universidades Estadual Paulista (Unesp) e de São Paulo (USP). "A busca pelo perfil dos filiados insere-se na análise mais ampla das características da política partidária e de como ela reflete as movimentações da sociedade", observa Rachel. "A política dos partidos sempre foi um domínio masculino e, apesar das iniciativas para maior incorporação das mulheres, com a política de cotas, por exemplo, as organizações reproduzem o predomínio dos homens na sua organização interna, inclusive no âmbito da filiação e militância. As agremiações têm políticas muito limitadas para o estímulo à participação feminina, e nenhuma das agremiações estudadas apresentou mais do que 40% de mulheres no conjunto de entrevistados", pontua. Afora identificar a estrutura organizacional dos partidos políticos e entender seu funcionamento, o projeto também trabalhou as dimensões competitivas e representativas da política estadual. Por sua ênfase na pesquisa empírica, constituiu um expressivo banco de dados, com informações envolvendo padrões de competição e votação no estado, as bases das forças políticas e suas estratégias eleitorais e de organização, aspectos da atuação das elites parlamentares locais e a qualidade da relação entre os eleitores e o sistema de representação em São Paulo.

Boa parte dessas informações, além de inúmeros mapas que mostram a distribuição local das preferências políticas do eleitor paulista desde 1994, já está disponível no site do projeto ou na página do Centro de Estudos de Opinião Pública (Cesop), núcleo de pesquisa interdisciplinar estabelecido pela Unicamp em 1992. "O questionário do *survey* sobre militância partidária, por exemplo, pode ser utilizado para replicar a pesquisa em outros estados", informa Rachel. Estudiosa dos partidos e eleições, ela tem constatado um crescente interesse pelo tema e diz que a reflexão em torno da representatividade partidária constitui hoje "um desafio mundial". "Uma das principais motivações gerais do projeto foi confrontar a crise dos partidos e a crise institucional que afeta todo o sistema representativo", explica Rachel, lembrando que ambas as crises são observadas nas democracias partidárias contemporâneas. "Os partidos políticos em todo o mundo têm tido dificuldades em ajustar-se às transformações estruturais da política. O cenário generalizado é de forte insatisfação com as instituições e com as respostas que apresentam. Mas esse é menos um problema dos partidos em si e mais dos governos representativos contemporâneos", avalia. Se considerarmos que são pelo menos três as funções essenciais de um partido político – organizar a competição política, governar e conduzir as atividades do Legislativo –, o trabalho dos pesquisadores está apenas começando. ■

Filiação partidária no Brasil

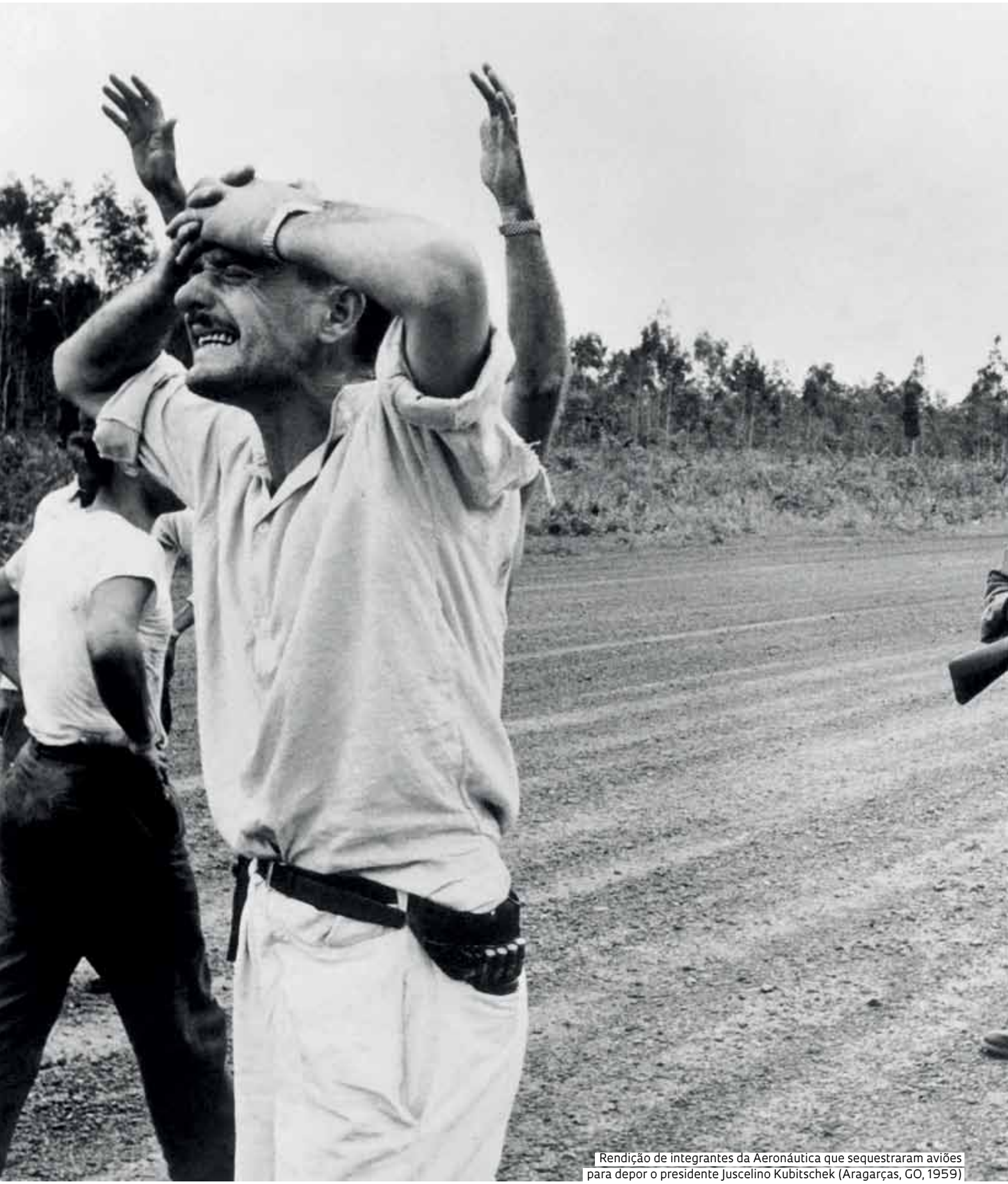
Número de filiados dos 10 maiores partidos, entre 2002 e 2015, em milhões de integrantes



FONTE DADOS OFICIAIS DO TRIBUNAL SUPERIOR ELEITORAL (TSE)

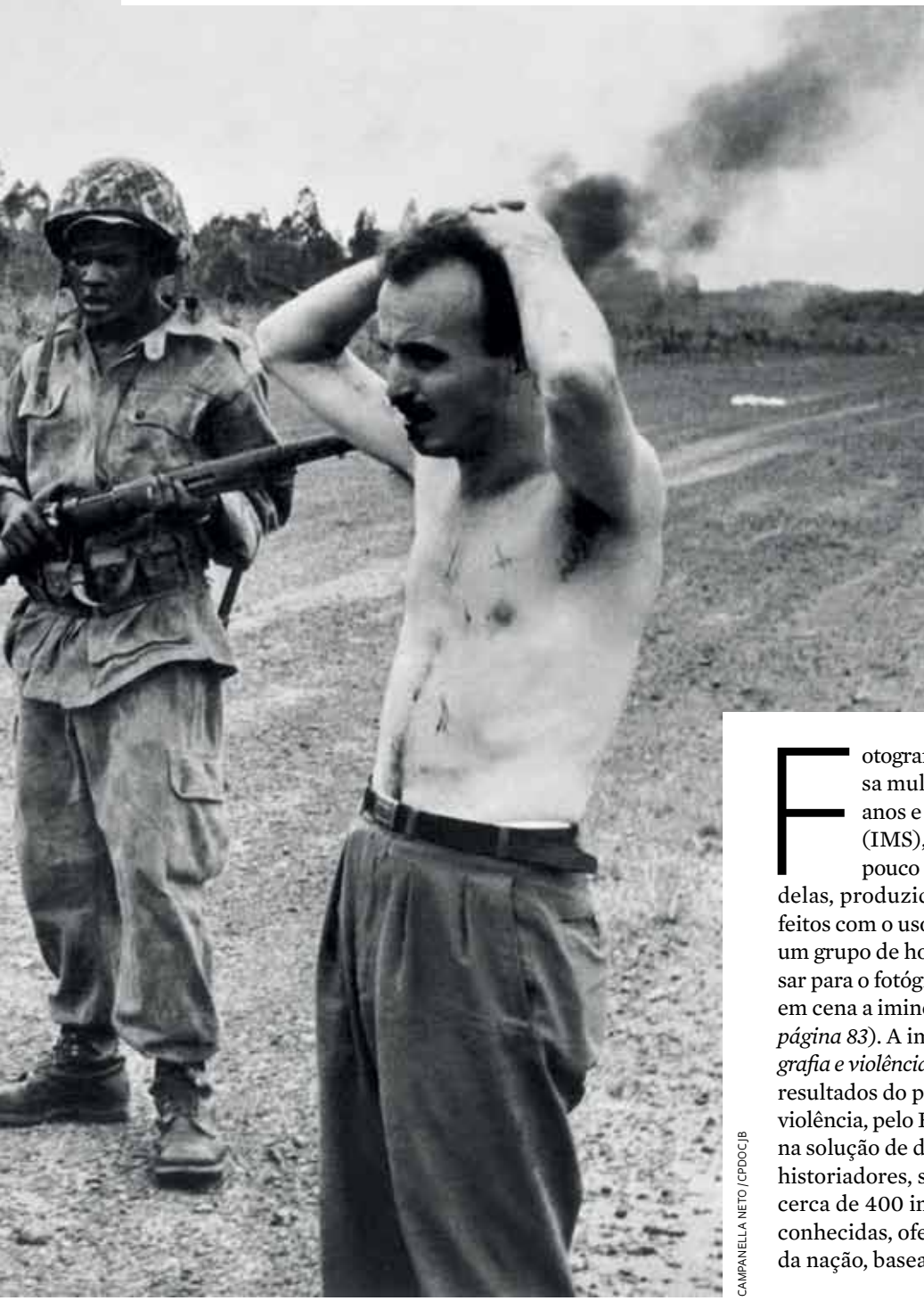
Projeto

Organização e funcionamento da política representativa no estado de São Paulo (1994 e 2014) (nº 12/19330-8); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Temático; **Pesquisadora responsável** Rachel Meneguello (Unicamp); **Investimento** R$ 793.416,55.



Rendição de integrantes da Aeronáutica que sequestraram aviões para depor o presidente Juscelino Kubitschek (Aragarças, GO, 1959)

OLHAR CONFLITANTE



CAMPANELLA NETO / CPDOC JB

Livro reúne imagens de revoltas, revoluções e guerras civis e compõe narrativa histórica sobre o Brasil

Christina Queiroz

Fotografias antigas, identificadas em uma pesquisa multidisciplinar desenvolvida durante dois anos e financiada pelo Instituto Moreira Salles (IMS), começam a dar visibilidade a aspectos pouco conhecidos da história nacional. Em uma delas, produzida em um tempo em que retratos eram feitos com o uso de câmeras pesadas e filmes em chapa, um grupo de homens interrompe um combate para posar para o fotógrafo. O registro seria banal, não estivesse em cena a iminente decapitação de um prisioneiro (*ver página 83*). A imagem faz parte do livro *Conflitos: Fotografia e violência política no Brasil 1889-1964*, que reúne os resultados do projeto e evidencia o uso disseminado da violência, pelo Estado brasileiro, suas elites e população, na solução de disputas. Localizadas por uma equipe de historiadores, sociólogos e estudiosos da fotografia, as cerca de 400 imagens, muitas delas inéditas ou pouco conhecidas, oferecem uma nova perspectiva de leitura da nação, baseada em eventos brutais.

Cartão-postal com imagem de bonde tombado no Rio de Janeiro, em 1904, durante a Revolta da Vacina

1

O quadro histórico da fotografia brasileira se formou por meio de representações icônicas da nação, como os retratos do Rio de Janeiro de Marc Ferrez (1843-1923), da Bahia de Pierre Verger (1902-1996) e os de São Paulo, feitos por Alice Brill (1920-2013), observa Heloísa Espada, coordenadora de artes do IMS e uma das organizadoras do projeto, ao lado de Angela Alonso, professora do Departamento de Sociologia da Universidade de São Paulo (USP) e presidente do Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebrap). Diferentemente do que o novo livro procura mostrar, Heloísa Espada destaca que o repertório fotográfico dos autores mencionados se caracterizou por visões otimistas do país, próximas à ideia de que o Brasil é uma nação pacífica, onde os conflitos são resolvidos sem o uso da violência.

De acordo com Ana Maria Mauad, professora de história da Universidade Federal Fluminense (UFF), enquanto Ferrez ajudou a construir a história da fotografia de paisagem, Verger buscou desenvolver uma imagem do Brasil distanciada do registro do exótico e do pitoresco, comum no século XIX. "Eles responderam visualmente a demandas específicas de suas experiências fotográficas. Suas produções são amplas e diversificadas, como também é o caso de Alice Brill, que, em seus trabalhos, evidencia uma visão de São Paulo pautada pelos contrastes sociais", analisa Ana Maria. De acordo com ela, autores modernistas como Hans Gunthr Flieg, um dos pioneiros da fotografia publicitária, e Jean Manzon (1915-1990), por meio de um fotojornalismo sensacionalista, imprimiram em seus trabalhos a imagem de uma nação em constante progresso e sem conflitos sociais. No decorrer dos anos 1930, a propaganda do Estado Novo (1937-1945) difundiu o mito da nação que se modernizava e onde não havia conflitos raciais. "Tal noção foi disseminada por intermédio dos livros escolares e pelos meios de comunicação e passou a permear o imaginário da população",

Secretaria do 1º Batalhão do Quartel da Luz, em São Paulo, em 1924, após bombardeio na revolta tenentista

2

afirma Ângela Castro Gomes, professora de história da UFF.

As fotos de *Conflitos* capturam cenas envolvendo as elites políticas, o aparato de repressão do Estado e a população, em que "a violência operou como forma de ação para todos os atores em luta", segundo Angela Alonso.

Ao reunir fotografias que se contrapõem a narrativas visuais heroicas e mistificantes, o objetivo foi, segundo Heloísa Espada, dar visibilidade a outras que evidenciam aspectos menos conhecidos da história nacional. Exemplo disso é a foto citada no primeiro parágrafo, que mostra a pose do grupo de combatentes militares antes da degola de um prisioneiro durante a Revolução Federalista, em Ponta Grossa, Paraná, em 1894. "Uma inscrição no verso da imagem indica que aquilo não foi uma encenação e que o sujeito foi decapitado em seguida", observa Heloísa Espada. A Revolução Federalista foi uma disputa entre dois grupos políticos gaúchos em torno do governo de Júlio de Castilho (1860-1903), que acabou se espalhando pela região Sul do país. Apesar de ser um conflito conhecido, alguns aspectos, como o grande número de decapitações, permaneceram encobertos. "Das 10 mil pessoas mortas nesse embate, pelo menos mil foram degoladas. Na década de 1890, essa prática se disseminou pelo país", diz Angela Alonso. Isso aconteceu não apenas pela necessidade dos combatentes de economizar munição, explica a socióloga, mas também por seu caráter simbólico.

Fotos como a do prisioneiro prestes a ter seu pescoço cortado pretendem chamar a atenção para o fato de a violência ter sido uma das formas adotadas para a solução de conflitos, quando conveniente, pela elite brasileira. "Grande parte das fotos mostra o enfrentamento entre facções da elite governamental ou de suas dissidências regionais, civis e militares, que em muitos momentos disputavam a direção do país", detalha. Mas o uso da violência não se restringiu a esses grupos, observa. Estratos sociais mais baixos também se insubordinavam. As imagens da Revolta da Vacina, que aconteceu em 1904 no Rio de Janeiro contra a obrigatoriedade de imunização, assinalam esse aspecto da história, contrariando o estereótipo da suposta passividade do povo brasileiro. "A violência é uma característica constante da vida política brasileira", constata Angela Alonso, que se ocupou de pesquisar conflitos ocorridos no Brasil entre 1889 e 1916.

3

Depredação da sede do PSD em Porto Alegre, após suicídio de Getúlio Vargas, em 1954

Imagens de conflitos circularam pelo Brasil por meio de revistas ilustradas e cartões-postais

Constatação idêntica foi feita por Ângela Castro Gomes ao identificar o uso disseminado e ininterrupto da força, entre 1922 e 1938, atingindo o meio rural e urbano. Dois exemplos desses episódios são a Revolução de 1924, quando militares se rebelaram em São Paulo contra o governo do então presidente Artur Bernardes (1875-1955), que privilegiava a elite agrária, e a cidade se tornou um campo de batalha, incluindo a construção de barricadas e a ocorrência de bombardeios; e a atuação do bando de cangaceiros chefiado por Lampião (1898-1938), que desafiou o governo central saqueando propriedades e vilarejos no

FOTOS 1 FOTÓGRAFO DESCONHECIDO / COLEÇÃO MONS /JAMIL NASSIF ABIB 2 ANICETO DE BARROS LOBO / ACERVO INSTITUTO MOREIRA SALLES 3 FOTÓGRAFO DESCONHECIDO / AGÊNCIA O GLOBO

Nordeste do país e acabou sendo degolado junto com todo seu grupo.

Uma rebelião de posseiros ocorrida em 1957 em Porecatu, no sudoeste do Paraná, é outro episódio pouco conhecido da história nacional que o livro resgata. Ao analisar imagens do período compreendido entre o suicídio de Getúlio Vargas (1882-1954) e o golpe militar de 1964, a historiadora Heloísa Starling, professora da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), identificou em jornais do Arquivo Nacional fotografias reveladoras como as de posseiros que se rebelaram contra companhias de colonização privada, que afirmavam ser donas de terras onde estavam assentadas 15 mil famílias de trabalhadores rurais desde 1943. "Identificamos fotos da rebelião que mostram, por exemplo, a presença do treinador de futebol e jornalista João Saldanha [1917-1990]. Como integrante do Partido Comunista, ele esteve na cidade para treinar os rebeldes", informa. Conforme Heloísa Starling, a rebelião marca o momento em que os camponeses ingressaram na vida pública nacional, ao realizar o primeiro bloqueio de estradas de que se tem notícia no país.

Fotografias procuram mostrar a violência como característica constante da vida política brasileira

Os motins que aconteceram no Rio de Janeiro e em Porto Alegre após o suicídio de Vargas também estão registrados no livro. O grau de violência do período pode ser dimensionado pelas imagens de pessoas ateando fogo a carros e agências de bancos norte-americanos, ou protestando contra a imprensa pela campanha feita contra o governante. A historiadora explica que parte dessas descobertas só foi possível porque a pesquisa não se limitou à análise do material iconográfico divulgado em revistas e jornais da época: "Para os historiadores, fotos não publicadas, como as encontradas no Arquivo Nacional, podem conter informações valiosas. O olhar do editor é diferente do olhar do historiador".

TECNOLOGIA VISUAL

Para além da informação visual acerca de aspecto pouco discutido da história

Prisão de jagunços por tropas do Exército em Canudos, BA, em 1897. Grupo se opunha ao governo republicano e se recusava a pagar impostos

FLÁVIO DE BARROS / ACERVO INSTITUTO MOREIRA SALLES / © MUSEU DA REPÚBLICA

AFFONSO DE OLIVEIRA MELLO / ACERVO DA FUNDAÇÃO BIBLIOTECA NACIONAL – BRASIL

Execução de um rebelde contrário a Floriano Peixoto em Ponta Grossa, PR, em 1894. Estúdios fotográficos eram contratados por grupos rivais para retratar acampamentos, tropas e vitórias

brasileira, as imagens do livro permitem vislumbrar o desenvolvimento da técnica fotográfica e o *modus operandi* de quem as capturou. Na última década do século XIX, por exemplo, os conflitos do início da República renderam cenas estáticas, feitas por profissionais previamente contratados para registrar cenários de destruição. "As câmeras pesadas e os filmes em chapa exigiam que as pessoas ficassem imóveis, posando para as fotos", detalha Heloísa Espada. Os mesmos profissionais e estúdios que vendiam essas imagens para publicações ilustradas como *Careta* e *Revista da Semana* também as comercializavam de forma avulsa. Foi desse modo que elas passaram a ser colecionadas, por pessoas de todo o país, em álbuns de fotografia.

Na mesma época, a indústria de cartões-postais, criada no século XIX, vivia um processo de expansão, o que contribuiu não apenas para aumentar a circulação dos registros de violência, mas também para sua disseminação. Entre outros motivos, o uso do postal difundiu-se pelo aspecto econômico. Era mais barato enviar um cartão do que remeter uma fotografia, em envelope fechado. "Hoje, estamos acostumados com as imagens circulando por meio das redes sociais, mas naquele tempo elas se difundiam por intermédio de revistas ilustradas e dos cartões-postais", destaca Heloísa Espada. No Brasil, os postais eram produzidos em tiragens que variavam entre 5 mil e 20 mil unidades. Foi dessa forma que, até a década de 1930, as imagens de todos os conflitos e guerras civis nacionais percorreram o país.

Nos anos 1930, Angela Gomes conta que houve um crescimento das revistas ilustradas, expandindo ainda mais o contato com as fotografias. "Essas publicações continham mais imagens do que os jornais, de maneira que a população ampliou sua experiência visual e também emocional com os conflitos", explica. O fotojornalismo começou a ser delineado como profissão nas primeiras três décadas do século passado, consolidando-se nos anos 1940, com a expansão da indústria gráfica. Antes disso, o trabalho dos fotógrafos era pouco reconhecido. Muitas imagens eram publicadas sem crédito ao autor. "À medida que foi se desenvolvendo, o fotojornalismo ajudou a compor o acontecimento moderno, ao reproduzir imagens em diversos lugares e de maneira quase imediata", observa Ana Maria Mauad.

Concebido para mostrar as fotografias em seu formato original, no livro optou-se por não ampliar boa parte delas. "Expor todas as imagens em tamanhos grandes não serviria a nosso propósito. Decidimos, por exemplo, exibir a famosa foto das cabeças decapitadas do bando de Lampião apenas no formato original de cartão-postal. Além de já ser suficientemente impactante, assim também foi possível evidenciar seu modo de circulação", finaliza. O projeto envolveu 13 pesquisadores e a consulta a 50 arquivos, entre acervos públicos e coleções privadas, de museus históricos, jornais e de agências de notícias e imagens. Até 29 de julho, exposição com parte das fotos publicadas no livro está em cartaz no IMS de São Paulo. ■

Livro

ALONSO, A. e ESPADA, H. (orgs.). **Conflitos: Fotografia e violência política no Brasil 1889-1964**. São Paulo: Instituto Moreira Salles, 2018.

VERSÃO ATUALIZADA EM 26/07/2018

Área externa do MuBe com a instalação *Aínozama*, de Fernando Limberger (2018), em primeiro plano

ARTISTA NA EXPEDIÇÃO, BIÓLOGO NO MUSEU

Mostra *Amazônia: Os novos viajantes*, em São Paulo, aproxima arte e ciência

Maria Guimarães

Uma opção por ampliar o alcance da descoberta científica levou a bióloga Lúcia Lohmann, em 2016, a convidar profissionais com novos olhares para integrar uma expedição à Amazônia. Enquanto ela e sua equipe percorriam os rios Negro e Branco coletando plantas para investigar a história evolutiva das espécies, a artista plástica portuguesa Gabriela Albergaria, o cineasta Gustavo Almeida e o fotógrafo Léo Ramos Chaves, integrante da equipe de *Pesquisa FAPESP*, faziam seus registros. Depois disso, outro encontro – com o filósofo Cauê Alves, curador-geral do Museu Brasileiro da Escultura e Ecologia (MuBE), de São Paulo – culminou na exposição inaugurada em 12 de maio, com curadoria de ambos. *Amazônia: Os novos viajantes* fica em cartaz até 29 de julho e traça um caminho entre os exploradores do século XIX e as viagens atuais. Também traz de volta a vocação inicial de ser um museu dedicado à ecologia, em paralelo à arte.

A distância entre os livros repletos de ilustrações deslumbrantes dos naturalistas antigos e os artigos científicos do grupo de Lúcia, professora no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP), parece infinita. Mas viajantes como

LÉO RAMOS CHAVES

O barco destruído de Maurício Adinolfi (*Estorvo escorbuto*, 2018) foi feito para a exposição

os alemães Karl Friedrich Philipp von Martius (1794-1868) e Johann Baptist von Spix (1781-1826), por exemplo, estabeleceram as bases para muita pesquisa com um levantamento de espécies de plantas e a elaboração de mapas, entre outras contribuições. "Hoje precisamos de Waze para ir até a esquina", brinca Alves. "Mas temos na exposição um mapa da Amazônia feito por Martius e Spix, sem recursos tecnológicos, que é muito semelhante ao que se conhece hoje."

Lúcia e Alves reuniram um diverso acervo artístico contemporâneo sobre a Amazônia, que vai desde meados do século XX até obras feitas especialmente para a mostra, como os troncos queimados sobre areia vermelha do artista plástico Fernando Limberger. Ao longo do tempo, sementes escondidas na areia germinam e emergem as folhas verdíssimas do capim braquiária, especialista em recolonizar áreas devastadas. "Já a estufa de Alberto Baraya com plantas de plástico nos lembra que grande parte do que preservamos se torna artificial", comenta a cocuradora e bióloga. Para ela, causa um desconforto essencial.

Gabriela Albergaria, que integrou a expedição, participa com duas obras. Uma delas é uma paleta de cores que recolheu acompanhando o trabalho de campo e buscando adaptar o olhar à mata cerrada. "A ideia era encontrar as espécies de trepadeiras que vivem nas copas das árvores. Por isso se fez a viagem durante as cheias dos rios Negro e Branco", conta, demonstrando uma atenção aos aspectos e processos científicos que alimentaram seu trabalho. "As saídas eram tudo menos contemplativas, e no início eu não entendia como distinguir uma planta de outra no meio daquela amálgama de folhas e plantas verdes; no final já conseguia distinguir algumas."

Ela instalou um estúdio no barco em uma mesa na cozinha onde catalogava cores e registros, enquanto no segundo piso os pesquisadores organizavam o material coletado em um laboratório improvisado. "A preparação das plantas para retirada de DNA é totalmente diferente de fazer um herbário, em que o material é seco e prensado entre folhas de jornal com cuidado para manter a forma. Para o estudo do DNA e da anatomia, a forma é completamente desnecessária, o que interessa são mínimos pedaços colocados em saquinhos de chá ou em um líquido dentro de uns frasquinhos, quase alquimia. Entrou, para mim, no nível da

Jovens examinam publicações do século XIX diante do vídeo *Vai que vai*, de Ana Paula Oliveira (2015)

Equipamento de prensagem e armazenamento de material coletado registrado em fotos de Léo Ramos Chaves: *Série prensa, Série coleta* e *Infusão* (2016)

A exposição traz de volta a vocação inicial do MuBE de ser dedicado à ecologia, em paralelo à arte

fantasia. Do encantamento", relembra a portuguesa. "A presença dos artistas nos fez pensar de outra maneira sobre o trabalho e seu significado", conta Lúcia. "Eles questionam de uma maneira que não estamos acostumados."

Enquanto o vídeo produzido por Gustavo Almeida durante a viagem é projetado em uma parede, o visitante passeia pelo mundo da ciência. "Apesar da longa idade da floresta Amazônica, estamos descobrindo que muitas das espécies hoje viventes nesse bioma são, na verdade, mais recentes do que se pensava", pondera Lúcia. Os vários e complexos resultados dessa pesquisa, representados nos artigos científicos expostos, não chegam a estar integrados na mostra.

Em outro paralelo entre arte e ciência, as delicadas e coloridas aquarelas de flores feitas pela inglesa Margaret Mee (1909-1988) entre os anos 1950 e 1980 convivem com precisas ilustrações botânicas em nanquim desenhadas por Barbara Alongi e Klei Sousa para documentar espécies descritas por Lúcia e seus alunos. "A necessidade de representação é muito importante em todos os estudos científicos. Esse é um ponto de comunicação essencial entre arte e ciência", reflete Gabriela. A outra obra de sua autoria incluída na mostra é uma árvore transformada em cubos de tamanhos crescentes – ou decrescentes. "É geométrico, racional, contido", descreve Cauê Alves. "Representa a arte e a ciência, o orgânico e o inorgânico."

Lúcia avalia que a exposição chama a atenção do público para a Amazônia. Ao mesmo tempo, pesquisadores perceberam que precisam se movimentar para divulgar seu trabalho para não especialistas. Alves celebra a presença, antes rara, de biólogos entre os visitantes. "É uma oportunidade de mostrar o museu também como lugar de pesquisa", diz.

Restabelecer o projeto inicial – ser um museu de escultura e ecologia foi a condição imposta para a concessão do terreno pela prefeitura em 1986 – também valoriza o prédio projetado pelo arquiteto Paulo Mendes da Rocha, assim como o jardim, desenhado pelo paisagista Roberto Burle Marx. "O teto recolhe água e direciona para uma cisterna que alimenta os espelhos d'água", ressalta Alves. É um exemplo de atenção à questão ambiental, para a qual o curador também pretende chamar a atenção do público. "É o problema mais urgente que temos para resolver no mundo agora." ■

Amazônia: Os novos viajantes

Terça a domingo, das 10h às 18h, até 29 de julho
Rua Alemanha, 221, São Paulo.

Projeto

Estruturação e evolução da biota amazônica e seu ambiente: Uma abordagem integrativa (nº 12/50260-6); **Modalidade** Programa Biota/Dimensions-NSF; **Pesquisadores responsáveis** Lúcia Lohmann (IB-USP) e Joel Cracraft (AMNH); **Investimento** R$ 5.186.545,11.

FOTOS LÉO RAMOS CHAVES

Sons para embalar

Características formais das canções de ninar induzem ao sono e inserem bebê em contexto cultural e afetivo

Márcio Ferrari

O interesse da psicóloga Silvia De Ambrosis Pinheiro Machado pelo universo das canções de ninar é antigo. Começou na década de 1980, durante suas atividades no campo da psicoprofilaxia da infância, atendendo famílias de recém-nascidos e orientando pais e educadores. "O convívio com grupos familiares de várias regiões, durante a implantação de programa de atendimento psicológico domiciliar pós-natal e a observação do desenvolvimento de crianças em uma etapa importante, de organização de si mesmas no mundo, me propiciaram o contato com uma rica tradição brasileira", conta Silvia. Sua pesquisa de doutorado, realizada cerca de três décadas depois, no Departamento de Teoria Literária e Literatura Comparada da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP), serviu como base para o livro *Canção de ninar brasileira: Aproximações*, publicado no final do ano passado pela Edusp. A escolha pela área de letras se deveu à intenção de estudar a cantiga de ninar "como um dos primeiros objetos de arte e cultura a que o ser humano é exposto", diz Silvia.

A permanência e a recorrência de temas musicais e narrativos e a presença de figuras protetoras e de figuras que provocam medo despertaram a curiosidade de Silvia, que, em sua pesquisa fonográfica, reuniu canções presentes na memória de pais, avós e educadores, em diversas cidades de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Ao debruçar-se sobre a bibliografia brasileira a respeito das canções de ninar, sua atenção voltou-se para aspectos formais das composições, como a métrica, a intercalação de versos e a sonoridade das palavras. O foco de seu trabalho se dividiu, então, em duas vertentes. Além do formato propriamente dito do acalanto, o gênero musical em que se inserem essas cantigas, a psicóloga também decidiu investigar a presença dessas músicas em ambientes familiares ou de cuidados com recém-nascidos.

A canção de ninar já foi objeto de estudo em distintas áreas do conhecimento. No Brasil, o musicólogo Renato Almeida (1895-1981), por exemplo, observou seus aspectos etnográficos, enquanto Florestan Fernandes (1920-1995), os sociológicos. Dessas e de outras pesquisas, Silvia pôde aproveitar o levantamento do repertório, suas origens étnicas e sociais, mas também obter pistas sobre a sonoridade e seus desdobramentos nas relações humanas em torno do recém-nascido. "A canção de ninar tem efeito não apenas sobre a criança pequena, conduzindo-a ao sono, mas também sobre os adultos, que encontram, nesse canto, uma oportunidade para expressar seus sentimentos e lembranças remotas", observa a autora, referindo-se aos efeitos da repetição sonora sobre quem canta e quem ouve.

Isso levou a pesquisadora a refletir, por exemplo, sobre a presença insistente da vogal "u" em diversos elementos das canções de ninar como sapo cururu (ou jururu), murucututu, tutu marambá, angu, murundu, sussussu, entre outros. As características sonoras de tais palavras, de origem indígena, haviam sido abordadas anteriormente por Alfredo Bosi, crítico de literatura e professor emérito da USP, e por Kaka Werá Jecupé, escritor e estudioso da história e da cultura tupi, além de Mário de Andrade (1893-1945). A recorrência do "u", explica Silvia, é uma alusão a sons ancestrais que "aproximam a vogal do ambiente noturno da floresta". "Cantar palavras construídas com o som

ILUSTRAÇÃO ELISA CARARETO

de 'u' ativa funções emocionais e, conforme a figura, veicula para gerações futuras núcleos sagrados das culturas indígenas", analisa. É uma característica nacional tão persistente que pode ser encontrada inclusive em acalantos contemporâneos, como em uma canção feita por Caetano Veloso para um filho recém-nascido, cujo título é "Tudo, tudo, tudo".

ASSOMBRAÇÃO

Além das representações de origem indígena, também os personagens portugueses, como a cuca e o bicho-papão, estão presentes nas canções brasileiras. Nas letras das músicas se alternam figuras ameaçadoras e de terror, como em Boi da cara preta e Nana nenê, que teriam função disciplinadora do sono, e referências à presença protetora da mãe, de santos e anjos, garantidores do sossego necessário para dormir. A passagem da inquietação para a tranquilidade está diretamente relacionada às ações do adulto enquanto canta: embalar, acolher, oferecer o colo, a voz e o calor do seu corpo. "A criança pequena não necessariamente entende a letra, mas se acalma com o conforto da voz cálida e familiar. Simultaneamente, está sendo inserida na cultura em que nasceu e vive", explica Silvia.

Para ela, as canções de ninar – que têm o monotonismo e a repetição como marcas constitutivas – também tematizam a melancolia da mãe no período puerperal e o modo de superá-la. Maria Teresa (Teca) Alencar de Brito, professora do Departamento de Música da Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (ECA-USP), concorda: "Por suas características especificamente musicais, as cantigas de ninar em todo o mundo encerram um saber sobre os cuidados com a primeira infância. Não à toa, revelam respeito pelos bebês e seu tempo de desenvolvimento, atendendo à necessidade de induzir ao torpor por meio de um desenho melódico suave. Seus efeitos ficam guardados por toda a vida".

Ao contrário do que ocorre com o sentido da visão, por exemplo, as competências auditivas dos bebês já estão muito bem desenvolvidas nos últimos meses de gestação. "Estímulos por meio de música, no trimestre final da gravidez, voltam a ser respondidos depois, dando provas da qualidade da percepção e da memória do bebê nessa fase", informa a musicoterapeuta Ambra Palazzi, do Núcleo de Infância e Família (Nudif) do Instituto de Psicologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Além disso, como revelam pesquisas envolvendo a gravação de sons, o ambiente intrauterino é bastante ruidoso, com uma profusão de tons graves advindos das funções físicas da mãe e também um acesso relativamente claro aos sons vindos do exterior. A voz materna é o que mais se sobressai, sendo transmitida de forma tanto auditiva quanto vibracional. "Ao nascer, o bebê já tem um repertório rico de sonoridades", observa Teca. "Mas, entre todos os estímulos auditivos a que um bebê é submetido, a voz materna é a que mais o envolve", informa Ambra, destacando que o canto encontra mais respostas do que a fala, porque consegue engajar e transmitir mais emoções e fortalecer o vínculo com a mãe. "Não é por acaso que as canções de ninar têm a mesma estrutura, e muitas vezes a mesma escala pentatônica, em todo o mundo." ■

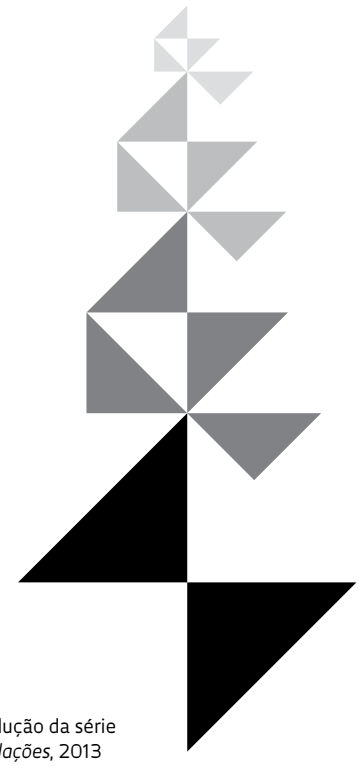
Livro

MACHADO, S. De A. P. **Canção de ninar brasileira: Aproximações**. São Paulo: Edusp, 2017.

Ponte para o mundo

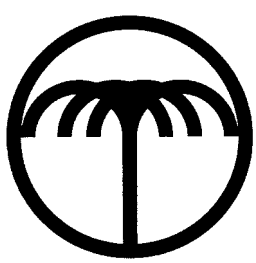
Alexandre Wollner implantou o moderno conceito de identidade visual e ajudou a fundar o ensino acadêmico de design no Brasil

Christina Queiroz

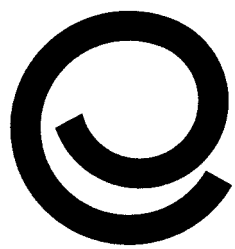


Reprodução da série *Constelações*, 2013

O designer gráfico Alexandre Wollner contava que passou parte da infância acompanhando o cotidiano da mãe, costureira, e do pai, dono de uma tipografia. "Imagino o menino pequeno, fascinado ao observar os dois trabalhando com a transformação da matéria", comenta Maria Cecilia Loschiavo dos Santos, professora titular de design da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP). Os pais iugoslavos haviam imigrado para São Paulo onde nasceu o garoto que se tornaria uma das maiores referências em design no Brasil. Foi também um dos responsáveis por inaugurar o ensino acadêmico na área, além de implantar o conceito moderno de identidade visual no país com um trabalho marcado por características geométricas, lógicas e funcionais. O designer morreu dia 4 de maio, em decorrência de um acidente vascular cerebral. Deixou mulher e filho.



Sardinhas Coqueiro, 1958



Eucatex, 1967
(reestruturada em 2003)

Wollner integrou a primeira turma do curso de iniciação artística do Instituto de Arte Contemporânea do Museu de Arte de São Paulo (Masp) entre 1951 e 1953, e teve como professores o crítico, expositor e negociador de obras de arte Pietro Maria Bardi (1900-1999) – um dos criadores do museu –, e os arquitetos Lina Bo Bardi (1914-1992) e Jacob Ruchti (1917-1974). "Ele era um jovem de condições socioeconômicas modestas e começou a trabalhar com design gráfico produzindo cartazes para divulgação de exposições no museu", conta Maria Cecília. Em 1951, participou da montagem da exposição do suíço Max Bill (1908-1994), artista plástico e designer que estudou na vanguardista Bauhaus, escola alemã de design, arquitetura e artes plásticas, e importante referência para o grupo de arquitetos e artistas concretos do país. "Bill foi um dos grandes paradigmas do design gráfico e de produto, no mundo, e Wollner sentiu esse impacto ao entrar em contato com seu trabalho."

Dois anos depois, o talento de Wollner foi reconhecido com o prêmio de jovem pintor revelação na 2ª edição da Bienal Internacional de São Paulo, pelas obras criadas no Masp. Ainda em 1953, foi indicado por Bardi para integrar a primeira turma de alunos da Hochschule für Gestaltung (HfG), escola criada pelo próprio Bill.

"Com o aprendizado em Ulm, Wollner se afastou das belas-artes, da manualidade, das artes e ofícios e passou a se valer de apuro técnico para desenvolver seu trabalho", relata João de Souza Leite, professor da Escola Superior de Desenho Industrial da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Esdi-Uerj). Maria Cecília, da USP, diz

FOTO ISA GRINSPUM FERRAZ / CORTESIA DO MUSEU DA CASA BRASILEIRA

que a experiência na Alemanha fortaleceu a tendência preexistente em Wollner de orientar-se pelo rigor formal e pela geometrização, evidenciando proximidade com ideias concretistas. "Wollner estabeleceu uma ponte entre o Brasil e os grandes nomes do design no mundo", afirma a professora.

O arquiteto Francisco Inácio Scaramelli Homem de Melo, também professor da FAU-USP, explica que antes da escola de Ulm o design no Brasil era feito de maneira empírica. "Não havia uma questão teórica que embasasse o trabalho. Quem atuava com design eram pessoas com talento para o desenho e para a ilustração", afirma Melo. O design modernista rompeu com essa produção intuitiva, ao defender que o ofício devia se basear no conhecimento teórico e na noção de elaboração de projetos. "Por causa disso, designers modernistas como Wollner se empenharam em criar escolas", explica.

Wollner em depoimento sobre Lina Bo Bardi para exposição sobre a arquiteta realizada no Museu da Casa Brasileira em 2014

SÍMBOLO DE MODERNIDADE

Após retornar ao Brasil, em 1963 Wollner fundou a Esdi – junto com Karl Heinz Bergmiller, seu colega em Ulm –, a primeira escola de design de nível superior do país. A criação da instituição era um projeto do então governador Carlos Lacerda (1914-1977) e do secretário de Educação Carlos Flexa Ribeiro (1914-1991), ex-diretor-executivo do Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro (MAM-RJ), e foi financiada com recursos estaduais. "A Esdi funcionou como símbolo de modernidade e marcou a profissionalização do design no Brasil", explica Souza Leite. Em 1975 a escola foi incorporada pela Uerj. Wollner lecionou na Esdi até meados dos anos 1980. Souza Leite foi seu aluno em 1965 e lembra como, até o final da vida, o designer defendia seus pontos de vista com veemência. Para ele, era preciso separar o design da arte e do ofício artesanal. Além disso, em uma visão que se baseava em sua formação na escola alemã, Wollner afirmava que o design devia ser utilizado para a produção em série e em larga escala, e não apenas para butiques.

Após os estudos na Alemanha, Wollner também elaborou numerosos projetos de identidade visual. Em 1958, em parceria com o fotógrafo Geraldo de Barros (1923-1998), o designer Ruben Martins (1929-1968), o publicitário Walter Macedo e Bergmiller, criou um dos primeiros escritórios modernos de design no Brasil, o Forminform. Souza Leite conta que o grupo passou a atuar de acordo com os ensinamentos da escola de Ulm, utilizando abordagem tecnocientífica do design e incorporando esses conceitos à criação da identidade visual de marcas, à publicidade e a projetos gráficos para jornais. São dessa época o design das latas de sardinha Coqueiro e a identidade visual dos elevadores Atlas, por exemplo.

Souza Leite explica que, como parte dos aprendizados em Ulm, os trabalhos de Wollner são marcados por desenhos feitos com o uso de compasso, esquadro, régua, triângulos, quadrados e círculos. "Quase todos os desenhos que ele fez foram desenvolvidos a partir de noções da geometria regular." Wollner presenciou a "libertação" desses instrumentos quando os computadores começaram a ser usados na profissão. "Ainda assim, ele continuou com os mesmos valores em seus projetos, apoiando-se em uma geometria precisa. Todos os seus trabalhos revelam essa essência", conta.

Em seus últimos anos de vida, Wollner retomou as pinturas construtivas, compondo gravuras impressas a partir do computador, e atuava no Comitê de Programação do Museu da Casa Brasileira. Giancarlo Latorraca, diretor técnico da instituição, destaca que em 2013, ao completar 60 anos de carreira, o designer foi tema de uma retrospectiva organizada pelo Museu de Artes Aplicadas de Frankfurt: "A mostra apresentou Wollner como um dos designers mais importantes da segunda metade do século XX". ■

Museu de Arte Contemporânea da USP, 1970

Elevadores Atlas, 1958

Conhecimento do fundo da terra

Busca por petróleo contribuiu para a criação dos primeiros cursos de geologia no Brasil

Rodrigo de Oliveira Andrade

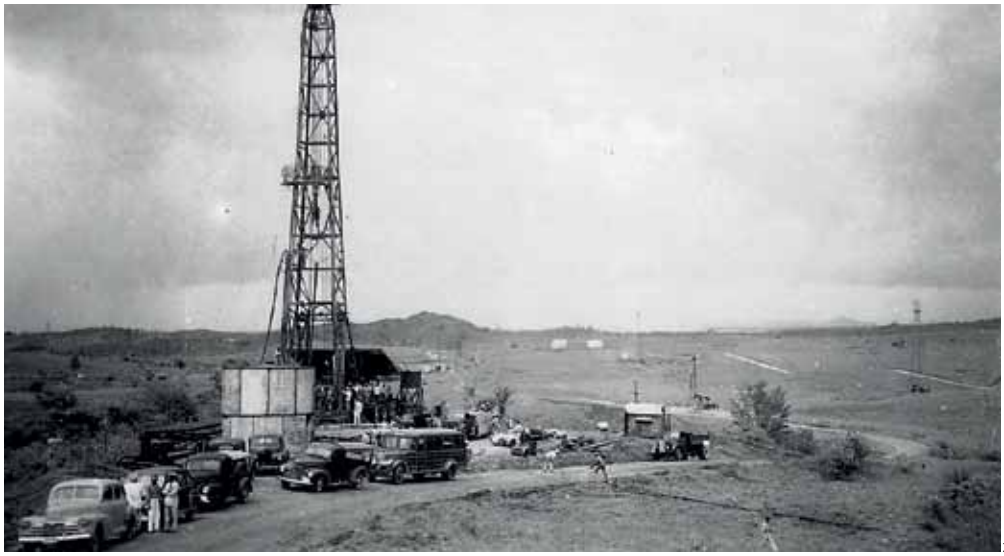
Com a descoberta do primeiro poço brasileiro de petróleo, em Salvador (BA), em 1939, o recém-criado Conselho Nacional de Petróleo (CNP) viu-se diante da escassez de conhecimento geológico e da falta de mão de obra qualificada para as atividades de refino e exploração do óleo. O problema perdurou por mais de uma década, até a criação da Petrobras, em 1953, que se encarregou de formar sua própria força de trabalho, contribuindo para a criação dos primeiros cursos de geologia no Brasil e para que o país, anos mais tarde, se tornasse o maior produtor de petróleo da América Latina e um dos 20 maiores do mundo, com aproximadamente 2.560 barris por dia, em média.

A busca por petróleo no Brasil começou durante o império, por meio da criação da Comissão Geológica do Império, em 1875. Chefiada pelo geólogo canadense-americano Charles Frederick Hartt (1840-1878), foi encarregada de fazer um mapa geológico do país, identificando de forma mais sistemática suas riquezas minerais. Posteriormente, a Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo, criada em 1886 e liderada pelo norte-americano Orville Derby (1851-1915), realizou cartas geológicas, geográficas e topográficas do estado e prospectou áreas para extração de petróleo e apatita.

Essa busca se intensificou no final do século XIX, quando o petróleo passou a ser visto como uma potencial fonte de energia. Em 1897, o país fez

1

Criação da Petrobras por Getúlio Vargas (*com a mão suja de óleo*), em outubro de 1953, impulsionou a prospecção pelo país



Poço no interior da Bahia na década de 1960: falta de mão de obra especializada prejudicou a busca pelo óleo

a primeira sondagem profunda na região de Tatuí, interior de São Paulo — apenas água sulfurosa foi encontrada. Outras perfurações foram feitas nos anos seguintes sem que nenhum poço de valor comercial fosse achado. "O fracasso das prospecções era atribuído à falta de geólogos e de conhecimento sobre a estrutura geológica do país", esclarece a historiadora Drielli Peyerl, que fez o doutorado e um estágio de pós-doutorado sobre o tema no Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IGe-Unicamp).

Drielli analisou o papel do CNP e da Petrobras na criação dos primeiros cursos de geologia no Brasil a partir do acervo do paleontólogo Frederico Waldemar Lange (1911-1988), com documentos sobre seus estudos em geologia e paleontologia, mapas geomorfológicos e políticos, relatórios internos da Petrobras e livros e artigos sobre os avanços nessas áreas em meados do século XX no Brasil.

> Lançada em 1957, Campanha de Formação de Geólogos estimulou a criação de cursos em diferentes regiões do Brasil

As indicações sobre a existência de petróleo no Brasil nessa época eram vagas, raras e controversas. Isso fez com que o país fosse considerado um território sem petróleo. Em abril de 1938, Getúlio Vargas (1882-1954) tentou dar novo impulso à busca pelo óleo e criou o CNP, responsável pela regulação do setor de óleo e gás no Brasil. Seu corpo de técnicos, no entanto, era insuficiente para expandir a indústria do petróleo no país, dificuldade ainda mais evidente após a descoberta do primeiro poço brasileiro, em 1939. A demanda por geólogos ganhou força nessa época também por conta da criação da Vale do Rio Doce, em 1942, dedicada à exploração das riquezas minerais do subsolo brasileiro. Diante disso, o conselho contratou geólogos e empresas estrangeiros especializados em geofísica.

MÃO DE OBRA PRÓPRIA

Em meio a debates nacionalistas, o CNP optou por investir na formação de seus próprios profissionais. Ainda em 1952, criou o Setor de Supervisão e Aperfeiçoamento Técnico (SSAT), uma das principais iniciativas relacionadas ao ensino da geologia no Brasil. Com a criação da Petrobras, um ano depois, esse setor se transformou no Centro de Aperfeiçoamento e Pesquisas de Petróleo (Cenap), que iniciou um programa de preparação de mão de obra especializada.

"Havia uma conjunção política e um atraso tecnológico e econômico que fizeram com que o Brasil se lançasse em um esforço de modernização que demandava a atuação de geólogos, como durante o governo de Juscelino Kubitschek [1956-1961]", comenta o geólogo Emilio Barroso, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que analisou a história da criação dos primeiros cursos de geologia no Rio. Segundo ele, esses profissionais também foram importantes para a construção de hidrelétricas e prospecção de minerais para produção de aço e alumínio.

A formação de geólogos no Cenap começou em abril de 1957, em Salvador, com o curso de introdução à geologia. Em julho do mesmo ano a Petrobras inaugurou outra disciplina, a de geologia do petróleo, em parceria com a

Paleontólogo Frederico Lange em trabalho no laboratório

FOTOS 1 ALESP 2 E 3 ACERVO FREDERICO WALDEMAR LANGE

Universidade da Bahia, atual Universidade Federal da Bahia. Para que as outras universidades brasileiras pudessem contar com programas de formação em geologia como o oferecido pela Petrobras, o governo lançou a Campanha de Formação de Geólogos (Cage), que estimulou a criação das cadeiras de geologia nas universidades de São Paulo, Ouro Preto, Rio Grande do Sul e Pernambuco.

Diante disso, a Petrobras transformou seu curso em uma especialização voltada apenas à geologia do petróleo, oferecida para aprimorar as habilidades dos geólogos brasileiros de acordo com suas demandas de trabalho e pesquisas. Em 1968, com a descoberta do primeiro poço em águas profundas, a estatal passou a investir em cursos para a exploração de petróleo na plataforma continental. "Essas especializações se mantêm até hoje na Universidade Petrobras", ressalta Drielli, autora do livro *O petróleo no Brasil: Exploração, capacitação técnica e ensino de geociências (1864-1968)*, publicado em junho de 2017 a partir de sua tese de doutorado. A proposta é que os profissionais recebam capacitação técnica e adquiram vivência sobre a empresa e a indústria de petróleo antes de começarem a desempenhar suas funções.

NOVAS FRENTES

Para Drielli, a contribuição da estatal para a formação de mão de obra qualificada foi decisiva para que, anos mais tarde, o Brasil alcançasse sua autossuficiência em petróleo, almejada desde a década de 1940, tornando-se um dos principais exportadores do mundo – embora, por razões técnicas e econômicas, o país precise importar petróleo leve para misturar com o nacional, do tipo denso, mais difícil de refinar. Também ampliou o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a todo o arcabouço geológico do país, com impacto não apenas no setor de óleo, gás e bens minerais.

"A partir de então, os geólogos também passaram a atuar na construção de estradas e túneis, e em estudos sobre contaminação e erosão de solos e desastres naturais", destaca Emilio. De meados do século passado para hoje, a mudança foi radical. Os dados mais recentes da Sociedade Brasileira de Geologia (SBG) indicam que, até 2011, o Brasil contava com cerca de 8 mil geólogos e geofísicos, dos quais a maioria atuava na Petrobras (19,5%) e na Vale (2,5%). O restante estava espalhado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, no Departamento Nacional de Pesquisa Mineral e em empresas públicas e privadas de mineração e de consultoria ambiental. Nas instituições de pesquisa e ensino superior, ainda de acordo com a SBG, avalia-se que atuem cerca de 1.200 geólogos e geofísicos, espalhados pelos 57 programas da área de geociências disponíveis hoje no Brasil. Todos os anos, cerca de 300 novos geólogos se formam no país.

MARIO ASSINE / UNESP

Equipe de geólogos da Unesp de Rio Claro analisa rochas na serra do Tonã, na Bahia: estudos científicos em foco

As pesquisas hoje não se ocupam apenas do presente, mas também da reconstituição do passado da Terra, por meio de análises de minerais, rochas e fósseis

Além de questões envolvendo a prospecção e extração de petróleo e minerais, as pesquisas empreendidas no campo da geologia não se ocupam mais apenas do presente, mas também da reconstituição do passado do planeta, ampliando o conhecimento sobre a composição, estrutura e evolução da Terra a partir da análise de seus minerais, rochas e fósseis. Por sua vez, os resultados dos estudos científicos de monitoramento contínuo das dinâmicas terrestres, em geral, são convertidos em estratégias de conservação e de gerenciamento dos recursos hídricos, energéticos e minerais, dos solos aráveis, e usados para tentar reduzir os desastres naturais. ■

ENSINO SUPERIOR

Horizonte ampliado

Alunos da rede pública de Campinas traçam novos caminhos profissionais a partir do ProFIS, curso de formação geral oferecido pela Unicamp

Conhecer e experimentar o fazer científico antes mesmo de ingressar em um curso convencional de graduação. Essa é a oportunidade que os melhores alunos das escolas da rede pública de Campinas têm por meio do Programa de Formação Interdisciplinar Superior da Universidade Estadual de Campinas (ProFIS-Unicamp), projeto de formação geral semelhante ao oferecido em instituições de ensino superior dos Estados Unidos, como a Universidade da Califórnia, em Berkeley, por exemplo. "Por meio do ProFIS, os estudantes podem cursar disciplinas em todos os institutos da Unicamp e entrar em contato com conhecimentos básicos do mundo natural, social e artístico, a partir de disciplinas voltadas ao desenvolvimento de habilidades de comunicação oral e escrita, raciocínio lógico e responsabilidade ética, social e ambiental, e suas relações com o mercado de trabalho", diz o físico Marcelo Knobel, reitor da Unicamp e um dos idealizadores do programa.

O ProFIS tem duração de dois anos, durante os quais os alunos são encorajados a refletir sobre a escolha da carreira profissional. Uma das disciplinas, coordenada pelo Serviço de Apoio ao Estudante (SAE) da universidade, é voltada ao desenvolvimento de autoconhecimento em relação a valores, interesses e habilidades, além de oferecer informações sobre as diferentes formas de atuação profissional. Também nessa disciplina os alunos são apresentados às grades curriculares dos cursos oferecidos pela Unicamp e às atividades empreendidas em cada profissão. Em seguida, discutem as melhores opções, de acordo com suas habilidades e interesses. "A possibilidade de poder circular pelas faculdades e institutos da Unicamp nos permite

O ProFIS ampliou em cerca de 3% a participação de alunos de escola pública na Unicamp

A primeira edição contou com 731 inscritos de 88 escolas públicas de ensino médio de Campinas

FOTOS ARQUIVO PESSOAL

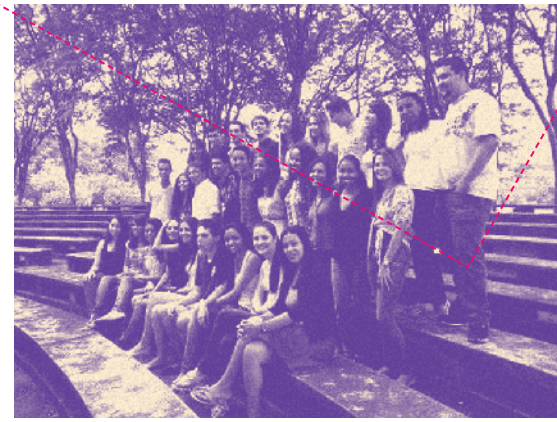
sentir a realidade dos cursos, conhecer os alunos e professores, e refletir sobre nossas opções de carreira", destaca Marcos Vaz, ex-aluno do ProFIS. "Isso nos possibilita fazer uma escolha mais consciente do curso que pretendemos seguir na graduação", afirma o estudante, que atualmente cursa o primeiro ano de medicina na Faculdade de Ciências Médicas da instituição.

ORIENTAÇÃO PROFISSIONAL

Vaz conta que sempre se interessou por medicina e que, por intermédio do ProFIS, pôde refinar sua escolha, assistindo a algumas aulas do próprio curso e conversando com professores e alunos em diferentes estágios. "Ingressamos na graduação já como veteranos da Unicamp", observa. Mais do que isso, na avaliação da bióloga Mariana Freitas Nery, coordenadora do ProFIS, os alunos que passam pelo programa iniciam a graduação mais maduros do que os colegas que ingressam por meio do vestibular, destacando-se por sua postura crítica e socialmente engajada. "Muitos fazem questão de participar das discussões do conselho universitário e dos centros acadêmicos da universidade, além de trabalharem em projetos de relevância social", informa a pesquisadora.

Exemplo disso é Bárbara Cardoso Miranda, aluna da primeira turma do ProFIS que se formou no início deste ano em fonoaudiologia. Na graduação, por iniciativa própria, articulou-se com professores e colegas de diversos cursos para participar do Projeto Rondon, empreendimento do governo federal cujo principal objetivo é levar universitários a pequenas cidades do interior do país para trabalhar em projetos de desenvolvimento local. "Por ser um curso de formação geral, o programa permite a esses jovens expandir sua visão de mundo a partir de discussões sobre as instituições sociais e questões ambientais, históricas, éticas, entre outras, tornando-os cidadãos mais conscientes", destaca Mariana Nery.

Outro aspecto inovador é a possibilidade de desenvolvimento de uma pesquisa de iniciação científica no segundo ano do curso. A proposta é que os alunos, sob orientação de um professor ou pesquisador da Unicamp, de qualquer área do conhecimento, sejam inseridos no cotidiano de processos criativos ou científicos e elaborem um projeto. "Trata-se do único curso da Unicamp com iniciação científica obrigatória", destaca Knobel. "Espera-se que, por meio da iniciação científica, os estudantes sejam capazes de desenvolver habilidades de pesquisa e de refletir sobre problemas reais, usando conceitos, técnicas e métodos científicos." Os resultados desses projetos são compartilhados pelos alunos na Mostra Científica do ProFIS e no Congresso Interno de Iniciação Científica da Unicamp, que acontece uma vez por ano. A ideia é que se familiarizem com a dinâmica envolvendo a apresentação de trabalhos em eventos acadêmicos, aprendam a



77% dos matriculados do programa constituem a primeira geração a ingressar no ensino superior em suas famílias

AÇÃO AFIRMATIVA

Ensino democratizado

ProFIS amplia participação de alunos de escolas públicas na universidade

Lançado em 2011, o ProFIS seleciona, com base em notas do Enem, até dois dos melhores alunos do último ano do ensino médio de cada uma das 95 escolas públicas de Campinas. Todos os alunos podem participar. Basta se inscrever no programa, que assegura pelo menos uma vaga a cada escola. A estratégia se soma aos esforços do Programa de Ação Afirmativa e Inclusão Social (Paais), que desde 2004 concede, também a alunos egressos de escolas públicas, bônus sobre a nota da segunda fase do vestibular.

Após ser aprovado e terminar com sucesso os dois anos do programa, o aluno recebe um certificado de conclusão de curso sequencial de complementação de estudos, podendo escolher, dentre os 61 cursos de graduação oferecidos pela instituição, o que pretende seguir, sem a necessidade de se submeter ao vestibular, de acordo com o seu desempenho e vagas disponíveis.

Desde que foi criado, o programa ampliou em 3% a participação de alunos oriundos de escolas públicas na universidade. Em sua primeira

produzir pôsteres e a defender ideias e conceitos baseados em procedimentos e argumentos científicos.

O impacto dessa formação preliminar é bastante perceptível entre os estudantes que passaram pelo ProFIS, como evidencia a trajetória de Felipe Roberto Francisco, que, aos 25 anos de idade, concluiu a graduação no Instituto de Biologia e ingressou no doutorado direto da própria Unicamp (*ver perfil na página 98*). "O ProFIS foi determinante para que eu pudesse compreender a dinâmica de produção do conhecimento científico, da concepção dos objetivos aos métodos, passando pela redação do trabalho. Esse conhecimento me permitiu dar um salto na carreira acadêmica, ingressando no doutorado logo após a graduação", diz Francisco, um dos 16 estudantes da primeira turma do ProFIS que concluiu a graduação em biologia este ano na Unicamp.

Os primeiros semestres do programa costumam ser os mais difíceis para os egressos de escolas públicas, que precisam se adaptar rapidamente à nova realidade acadêmica e às aulas em tempo integral. "Eles precisam se esforçar muito para conseguir acompanhar as aulas e lidar com as deficiências de formação, sobretudo em disciplinas como matemática, física, química e produção de texto", explica Mariana. Ao todo, os estudantes devem cursar as 28 disciplinas obrigatórias do ProFIS e duas disciplinas eletivas, escolhidas em qualquer curso de graduação da instituição. Outro obstáculo a ser superado é a distância até a universidade. A maioria dos estudantes mora em bairros afastados e tem de vencer longos percursos. "Para eles, não basta oferecer o ingresso na universidade. É preciso criar estratégias de acolhimento e permanência", esclarece a bióloga. Dentre as medidas adotadas pela instituição, a concessão de bolsa-auxílio no valor de R$ 400 e alimentação gratuita no restaurante universitário revelaram-se acertadas.

A proporção de alunos que cursaram toda educação básica na rede pública é de 92,5% entre alunos do ProFIS

Um dos desdobramentos da iniciativa empreendida pelo ProFIS é a transformação dos alunos em agentes multiplicadores, engajados na divulgação do programa nos bairros onde vivem e nas escolas que frequentaram. "Muitos estudantes da rede pública nem sequer sabiam que podiam pleitear uma vaga em universidade gratuita", comenta Mariana. Graças a esse esforço de divulgação, isso está mudando. "A maioria das escolas já prepara seus alunos para o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), vislumbrando uma possível vaga no ProFIS", ela completa. ■

Rodrigo de Oliveira Andrade

FOTOS ARQUIVO PESSOAL

Alunos da turma de 2015 em aula sobre evolução

seleção foram 731 inscritos de 88 escolas públicas. Todas as 120 vagas disponíveis foram preenchidas. Além de terem cursado o ensino médio completo em escola pública, pré-requisito do programa, 92,5% também haviam utilizado a rede pública no ensino fundamental.

De acordo com o relatório *A avaliação continuada do Programa de Formação Interdisciplinar Superior da Unicamp (ProFIS): Contribuições do estudo longitudinal*, lançado em dezembro pelo Núcleo de Estudos de Políticas Públicas (Nepp) da Unicamp, cerca de 40% dos alunos da primeira turma do ProFIS são pardos ou pretos, percentual 2,7 vezes superior ao de matriculados a partir do vestibular. Em relação à escolaridade dos pais, 77% dos matriculados constituem a primeira geração a ingressar no ensino superior em suas famílias, em comparação aos cerca de 46% dos matriculados a partir do vestibular. 33% dos pais de alunos do programa cursaram o ensino fundamental e 44% o ensino médio.

Armazenando conhecimento

Felipe Francisco abandonou o emprego de estoquista e hoje faz doutorado em biologia

A possibilidade de ingressar em uma universidade pública sempre esteve distante do horizonte do biólogo Felipe Roberto Francisco, de 25 anos de idade. Morador da periferia de Campinas, seus planos na adolescência se resumiam a concluir o ensino médio e fazer um curso técnico. A principal opção era mecatrônica, não exatamente por se sentir vocacionado, mas por acreditar constituir boas chances de inserção profissional.

A trajetória começou a mudar nos últimos meses do ano letivo de 2010, quando assistiu a uma palestra sobre o ProFIS, da Unicamp, que começaria a funcionar no ano seguinte. "Como as inscrições eram gratuitas, candidatei-me", diz. Alguns meses depois recebeu uma ligação de um amigo, parabenizando-o por ingressar na universidade. "Achei que ele estava brincando", relembra. "Não acreditei quando vi que havia sido aceito."

Francisco conta que no Jardim Eulina, bairro onde vive, não tem notícia de que alguém tenha cursado uma universidade pública antes dele. Para seus amigos e vizinhos, a Unicamp se resumia ao Hospital de Clínicas. Aos 18 anos, quando foi selecionado pelo programa, decidiu largar o emprego que havia acabado de conseguir, como estoquista em uma empresa da cidade, para se aplicar apenas aos estudos. A bolsa e o auxílio-transporte concedido pela universidade foram fundamentais para que pudesse se dedicar às atividades.

A principal dificuldade nos primeiros meses foi conseguir se adaptar à realidade acadêmica. Estranhava tanto as aulas em tempo integral quanto o nível de exigência do curso. "Aos poucos, com a ajuda dos colegas e de alguns professores, esses desafios foram sendo gradualmente superados", relembra.

Por sua vez, a iniciação científica que desenvolveu no segundo ano do programa sob orientação da bióloga Vera Nisaka Solferini foi determinante para a escolha do curso que pretendia se matricular na graduação. "Sempre me senti atraído pelo conceito de evolução das espécies", conta. "Durante o ProFIS, entrei em contato com a geologia e fiquei dividido entre as duas áreas. Após participar de aulas em ambos os cursos e conversar com alguns professores, percebi que gostaria de me aprofundar em assuntos ligados à biologia", explica.

Francisco conta que quando começou a frequentar o curso de biologia tinha medo de não conseguir acompanhar os colegas. "Achava que precisava ser duas vezes melhor para conseguir compensar o desnível que julgava existir entre mim e eles."

O conteúdo programático do ProFIS e a maturidade adquirida na faculdade garantiram ao biólogo não apenas as condições necessárias para concluir a graduação como para habilitar-se a um doutorado direto. "Estagiei no laboratório da professora Anete Pereira de Souza durante o curso. Depois ela me convidou para o doutorado", diz. "Como pretendo seguir a carreira acadêmica, aceitei sem hesitar."

O objetivo agora é fazer o mapeamento genético da seringueira (*Hevea brasiliensis*) e identificar eventuais genes de relevância comercial. Além do doutorado, hoje Francisco também dá aulas de biologia em um curso preparatório para vestibulandos, na periferia de Campinas. "Sinto que preciso devolver algo à sociedade, uma vez que fui formado com dinheiro público", conclui o estudante.

R.O.A.

LÉO RAMOS CHAVES

Sociedade Brasileira de Metrologia

Promovendo a cultura e a prática da metrologia como instrumentos de competitividade, qualidade de vida e coesão social.

Na SBM você encontra:

- *Cursos EAD;*
- *Cursos Presenciais;*
- *Cursos In Company;*
- *Auditoria e Consultoria;*
- *Congressos Científicos.*

sociedade brasileira de metrologia

www.metrologia.org.br

Fone: (21) 2532-7373 - sbm@metrologia.org.br
Nilo Peçanha, 50 - sala 2517 - Centro
Rio de Janeiro - RJ - sbm@metrologia.org.br

totojang1977+ ESB Professional + jocic /Shutterstock.com

LJS TRADUÇÕES

Helping you write better papers since 1992
www.ljstraducoes.com - traduzdoc@gmail.com

O conteúdo de PESQUISA FAPESP não termina aqui

TEXTO

Os textos produzidos todos os meses pela nossa equipe podem ser adquiridos por editoras que desejem utilizá-los em livros didáticos

FOTOGRAFIA

Nosso banco de imagens possui um vasto acervo de fotos composto de temas variados ligados a ciência e tecnologia

INFOGRÁFICO

Também produzimos infográficos sobre temas científicos que ilustram nossas reportagens

CONSULTE-NOS! www.revistapesquisa.fapesp.br

Contato:
(11) 3087-4212 ou envie e-mail para mpiliadis@fapesp.br

Pesquisa FAPESP

TODA SEXTA-FEIRA, DAS 13 ÀS 14H, VOCÊ TEM UM ENCONTRO MARCADO COM A CIÊNCIA NA RÁDIO USP FM.

Reapresentação aos sábados, às 18h, e às quintas, às 2h da manhã

Pesquisa Brasil traz notícias e entrevistas sobre ciência, tecnologia, meio ambiente e humanidades. Os temas são selecionados entre as reportagens da revista **Pesquisa FAPESP**

A cada programa, três entrevistados falam sobre o desenvolvimento de pesquisas e inovações e escolhem a programação musical

Você também pode baixar e ouvir o programa da semana e os anteriores na página de **Pesquisa FAPESP** na internet (revistapesquisa.fapesp.br/podcast)

Agora o programa também vai ao ar na **Web Rádio UNICAMP**
Toda segunda, às 13h. **www.rtv.unicamp.br**

Pesquisa BRASIL (uspfm)