

# Pesquisa

FAPESP ▲

JULHO DE 2019 | ANO 20, N. 281

PESQUISA FAPESP | JULHO DE 2019

## O DILEMA DOS

# PLÁSTICOS

*O material com múltiplos usos tornou-se um grande vilão do meio ambiente*

Consumo de alimentos ultraprocessados favorece ganho de peso

Barbeiros com parasita do mal de Chagas são capturados na Grande São Paulo

Avançam as pesquisas sobre carne feita de células animais; a de plantas chega ao mercado

Jurista Silvia Pimentel fala de feminismo e dos direitos das mulheres

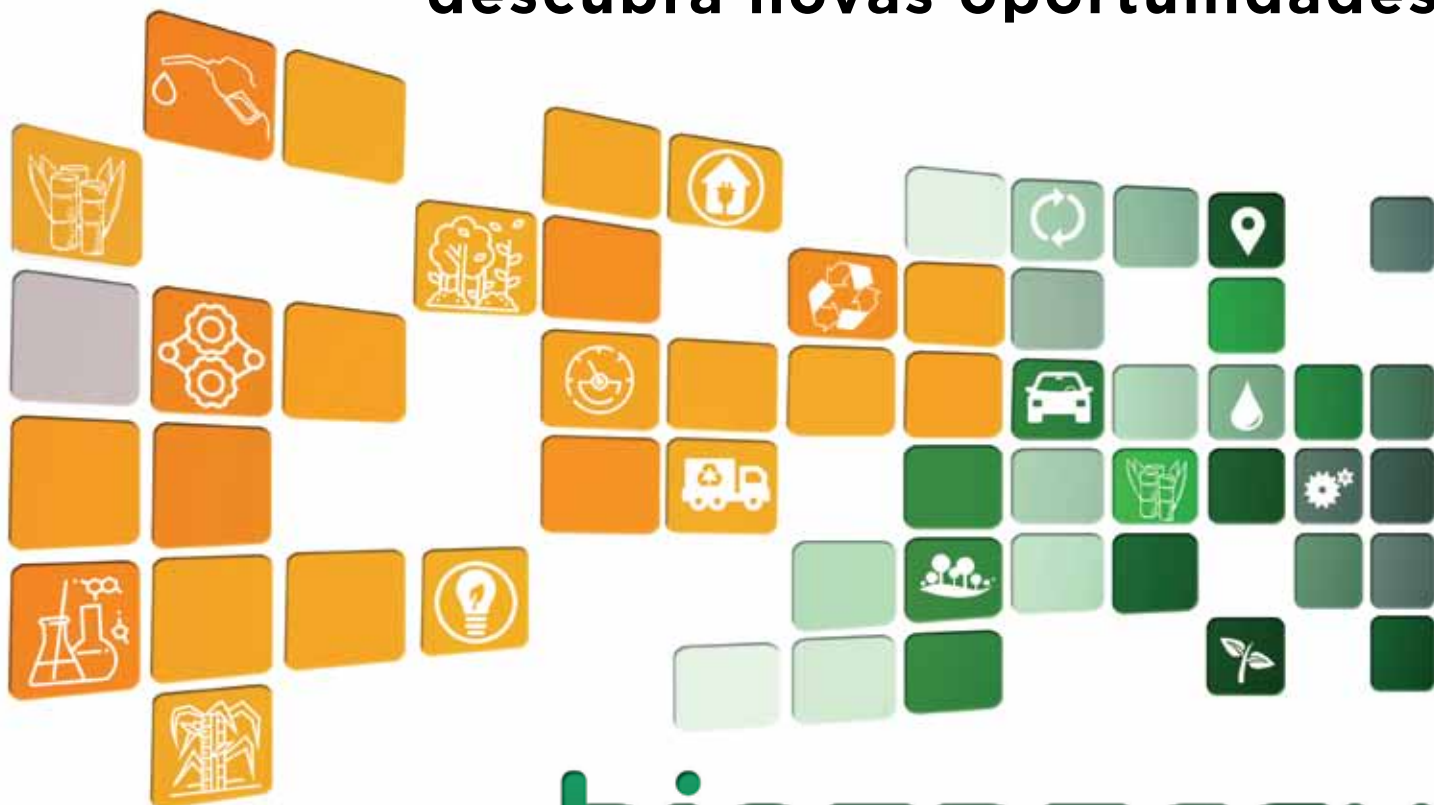
Restrição do acesso a armas de fogo reduz taxas de homicídios, indicam estudos

Ano 20 n. 281



**BBEST 2020**  
BRAZILIAN BIOENERGY SCIENCE  
& TECHNOLOGY CONFERENCE

Conheça o estado da arte da  
bioenergia e da bioeconomia e  
**descubra novas oportunidades**



# bioENERGY

INNOVATION

BIOMASSA | BIORREFINARIAS  
MOTORES E APLICAÇÕES PARA AVIAÇÃO  
TECNOLOGIAS PARA BIOCOMBUSTÍVEIS | SUSTENTABILIDADE

30 DE MARÇO A 1º DE ABRIL DE 2020  
HOTEL RENAISSANCE | SÃO PAULO | SP

**ACESSE**  
bbest.org.br



Promoção



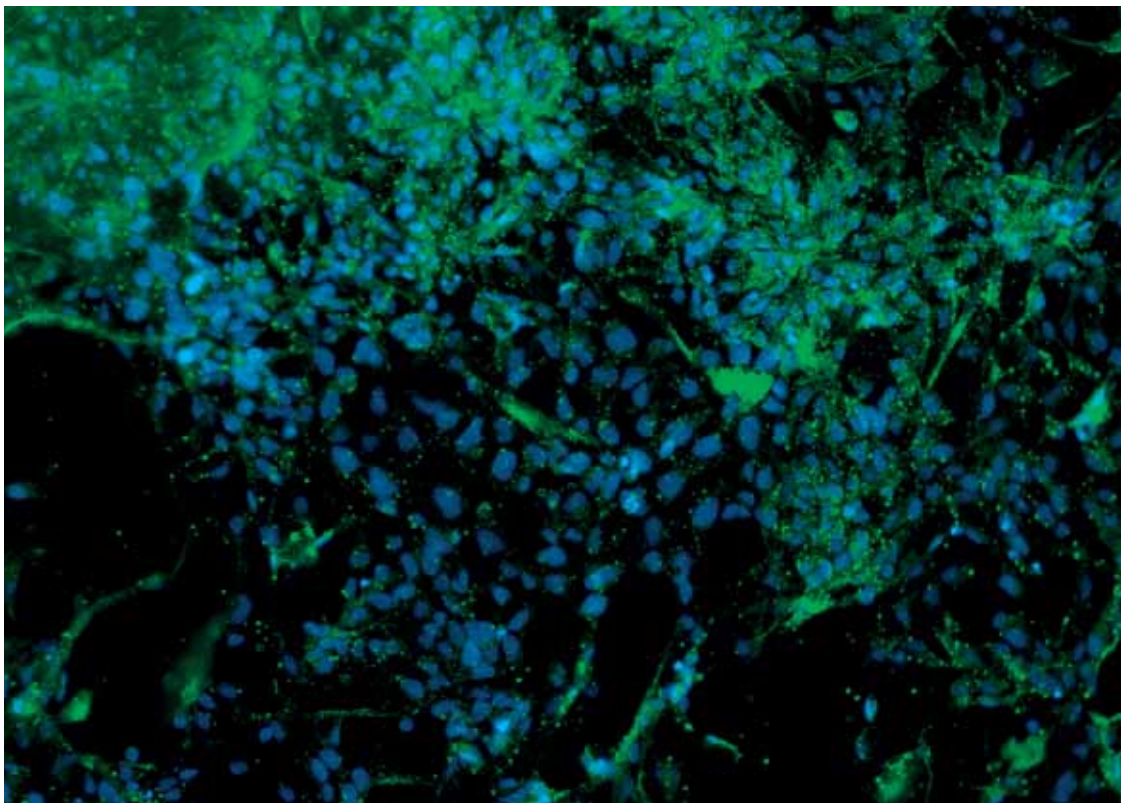
Coordenação



Organização



Sua pesquisa rende fotos bonitas? Mande para [imagempesquisa@fapesp.br](mailto:imagempesquisa@fapesp.br)  
Seu trabalho poderá ser publicado na revista.



## *Cérebro de laboratório*

Para estudar a relação entre a esquizofrenia e os defeitos nas células neurais conhecidas como oligodendrócitos, a bióloga Caroline Brandão Teles tem dedicado parte de seu doutorado na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) a aprender a produzi-las a partir de células-tronco. Fotos obtidas em maio com corantes para o núcleo (*azul*) e um anticorpo específico (*verde*) sugerem sucesso, que ela agora busca confirmar por meio de outros testes. Produzir oligodendrócitos com o perfil genético de cada paciente, a partir de células-tronco obtidas de células da urina ou da pele, é fundamental para entender a relação entre os sintomas e o comportamento das células.

*Imagem enviada pelo biólogo Daniel Martins-de-Souza, coordenador do Laboratório de Neuroproteômica da Unicamp*

## CAPA

**O plástico trouxe benefícios à vida moderna, mas virou um sério problema ambiental**

p. 18

**Microplásticos impõem desafios ao seu controle**

p. 25

**As estratégias para enfrentar a poluição por resíduos poliméricos**

p. 29

Foto de capa  
LÉO RAMOS CHAVES

## POLÍTICA C&T

### 38 Autonomia universitária 2

Com recursos estáveis, universidades paulistas aperfeiçoaram gestão financeira

### 42 Financiamento

Restauração e modernização do Museu do Ipiranga começam em setembro

### 46 Reprodutibilidade

As lições do fracasso da fusão nuclear a frio, há 30 anos

### 50 Entrevista

Para Youngsuk Chi, presidente da Elsevier, o Plano S é viável a longo prazo



## CIÊNCIA

### 52 Epidemiologia

Consumo de comidas ultraprocessadas favorece o ganho de peso

### 57 Saúde

Insetos que transmitem a doença de Chagas são encontrados na Grande São Paulo

### 60 Neurologia

Late, nova forma de demência, é confundida com Alzheimer

### 62 Genética

Mestiços do Sul têm mais linhagens de DNA indígena do que os membros atuais de nações da região

## 64 Paisagem sonora

Registros em áudio são usados para caracterizar ecossistemas

## 68 Física

Pesquisadores explicam experimento explosivo com bolas de pingue-pongue

## TECNOLOGIA

## 70 Engenharia de alimentos

Cientistas desenvolvem carne com células animais ou de plantas

## 76 Aviação

Embraer e WEG pesquisam sistema de propulsão elétrica para aeronaves

## HUMANIDADES

## 78 Saúde pública

Redução das taxas de homicídio passa pela restrição do acesso a armas de fogo

## ENTREVISTA Silvia Pimentel

Jurista que presidiu o comitê de defesa dos direitos femininos da ONU fala de docência, pesquisa e militância

p. 32



p. 42



p. 88

### 84 Políticas públicas

Programas de transferência de renda auxiliam combate à tuberculose

### 88 Fotografia

Retrospectiva sobre Marc Ferrez traz registros de interlocução com a ciência

## SEÇÕES

### 3 Fotolab

### 6 Comentários

### 7 Carta da editora

### 8 Boas práticas

Conferência propõe mudar avaliação para promover a integridade científica

### 11 Dados

Dispêndios de universidades intensivas em pós-graduação

### 12 Notas

### 91 Resenha

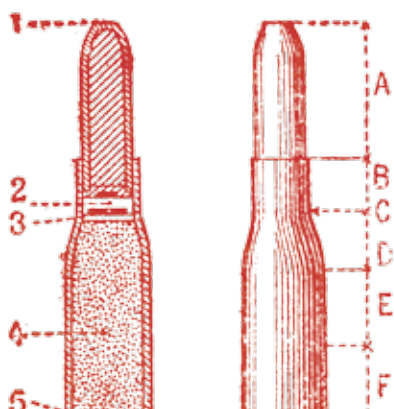
*O cérebro aprendiz: Neuroplasticidade e educação*, de Roberto Lent. Por Bernardete A. Gatti

### 92 Memória

Naturalista Alexander von Humboldt alertou para problemas ambientais no século XIX

### 96 Carreiras

Preenchimento de currículo demanda precisão nas informações



p. 78

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

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



### ▶ Agroquímicos ameaçam abelhas-sem-ferrão

Larvas de abelhas nativas se mostraram menos resistentes a inseticidas do que as de origem europeia [bit.ly/igVabelhas](https://bit.ly/igVabelhas)



### ▶ Dinossauros devem ter surgido no Sul do Brasil

Os paleontólogos Max Langer e Luiz Eduardo Anelli, da USP, falam sobre as características dos dinossauros [bit.ly/igVDinos](https://bit.ly/igVDinos)

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

### O eclipse de Einstein

Os pesquisadores Augusto Damineli e Luiz Nunes de Oliveira, ambos da USP, comentam o impacto da observação do fenômeno de 1919, em Sobral [bit.ly/igPBR07jun19](https://bit.ly/igPBR07jun19)



## 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](mailto: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](mailto: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](mailto:clair@fapesp.br)

## Licenciamento de conteúdo

Adquira os direitos de reprodução de textos e imagens de *Pesquisa FAPESP*.  
Por e-mail: [mpiliadis@fapesp.br](mailto:mpiliadis@fapesp.br)  
Por telefone: (11) 3087-4212


# COMENTÁRIOS cartas@fapesp.br

## Autonomia das universidades

 Decreto de 1989 criou modelo de financiamento que permitiu o crescimento extraordinário das universidades estaduais paulistas (“A construção do futuro”, edição 280). Foi assim que essas instituições entraram para o ranking das melhores universidades da América do Sul e do Brasil.


Rosa Cristina

## Equipamento multiusuário

 Essa é uma ideia que trouxe de São Paulo quando vim para o Pará (“Acesso rápido a máquinas e laboratórios”, edição 279). Tive a oportunidade de participar de dois workshops de sistemas multiusuário da FAPESP. Hoje, o Instituto de Estudos Costeiros da Universidade Federal do Pará tem uma estação multiusuário de equipamentos de microscopia, que vai daqueles com sistema de fluorescência até um microscópio eletrônico de varredura.


Marcus Vinicius Domingues

## Pré-iniciação científica

 Comecei a trabalhar em laboratório e com pesquisa graças a uma oportunidade como essa, de pré-iniciação científica (“Fazendo pesquisa na escola”, edição 280). Me apaixonei e hoje estou no doutorado.

Ana Carolina Von Daben


## Cashmere

 Parabéns à pesquisadora Lia Coelho pela contribuição a nossa sociedade (“O fino pelo das cabras”, edição 279). Que essas paten-

tes se tornem realidade, a despeito de tantas adversidades que a pesquisa científica enfrenta.


André Mascia Silveira

## Suicídio de jovens


 Sobre a reportagem “Juventude extraviada” (edição 280), acho que é hora de uma análise crítica da sociedade em que vivemos.

Leonardo Noboru Seito


## Vídeos

 Tudo fascinante neste vídeo (“Dinossauros devem ter surgido no Sul do Brasil”). Principalmente para um biólogo, como eu.


Jair F. Morais

 Incríveis essas informações sobre dinossauros, não tinha ideia.

Wesley Castro

 Excelente vídeo. Esses achados deveriam ser celebrados e estudados nas salas de aula de todo país. Continuem com esse projeto.

Alessandro Silva

 Agroquímicos (“Agroquímicos ameaçam abelhas-sem-ferrão”)? Cada hora é um eufemismo diferente. É agrotóxico. Somos um dos maiores consumidores, incluindo vários que são proibidos nos países onde são fabricados.


André Luís dos Santos


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

## A mais lida em junho no Facebook

ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**Bife de laboratório** [bit.ly/igBifeLab](http://bit.ly/igBifeLab)

 28.026 pessoas alcançadas

 345 reações

 25 comentários

 119 compartilhamentos



MARCOS ANTONIO ZAGO  
PRESIDENTEEDUARDO MOACYR KRIEGER  
VICE-PRESIDENTE

## CONSELHO SUPERIOR

CARMINO ANTONIO DE SOUZA, EDUARDO MOACYR KRIEGER, IGNACIO MARIA POVEDA VELASCO, JOÃO FERNANDO GOMES DE OLIVEIRA, JOSÉ DE SOUZA MARTINS, LIEDI LEGI BARIANI BERNUCCI, MARCO ANTONIO ZAGO, MARILZA VIEIRA CUNHA RUDGE, PEDRO LUIZ BARREIROS PASSOS, PEDRO WONGTSCHOWSKI, RONALDO ALOISE PILLI E VANDERLAN DA SILVA BOLZANI

## CONSELHO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO

CARLOS AMÉRICO PACHECO  
DIRETOR-PRESIDENTECARLOS HENRIQUE DE BRITO CRUZ  
DIRETOR CIENTÍFICOFERNANDO MENEZES DE ALMEIDA  
DIRETOR ADMINISTRATIVO**Pesquisa**  
FAPESP  
ISSN 1519-8774

## CONSELHO EDITORIAL

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

## COMITÊ CIENTÍFICO

Luiz Henrique Lopes dos Santos (Presidente), Américo Martins Craveiro, Anamaria Aranha Camargo, Ana Maria Fonseca Almeida, Carlos Américo Pacheco, Carlos Eduardo Negrão, Douglas Eduardo Zampieri, Euclides de Mesquita Neto, Fabio Kon, Francisco Antônio Bezerra Coutinho, Francisco Rafael Martins Laurindo, Hernan Chaimovich, José Roberto de França Arruda, José Roberto Postali Parra, Lucio Anghes, Luiz Nunes de Oliveira, Marco Antonio Zago, Marie-Anne Van Sluys, Maria Julia Manso Alves, Paula Montero, Roberto Marcondes Cesar Júnior, Sérgio Robles Reis Queiroz, Wagner Caradori do Amaral e Walter Colli

## COORDENADOR CIENTÍFICO

Luiz Henrique Lopes dos Santos

## DIRETORA DE REDAÇÃO

Alexandra Ozorio de Almeida

## EDITOR-CHEFE

Neldson Marcolin

EDITORES Fabrício Marques (Política &amp; T), Glenda Mezarobba (Humanidades), Marcos Pivetta (Ciência), Carlos Fioravanti e Ricardo Zorzetto (Editores especiais), Maria Guimarães (Site), Bruno de Piero e Yuri Vasconcelos (Editores-assistentes)

REPÓRTERES Christina Queiroz, Rodrigo de Oliveira Andrade

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

ARTE Mayumi Okuyama (Editora), Alexandre Affonso (Editor de Infografia), Felipe Braz (Designer digital), Júlia Cherem Rodrigues e Maria Cecilia Felli (Assistentes)

FOTÓGRAFO Léo Ramos Chaves

BANCO DE IMAGENS Valter Rodrigues

RÁDIO Sarah Caravieri (Produção do programa Pesquisa Brasil)

REVISÃO Alexandre Oliveira e Margô Negro

COLABORADORES Bernardetti A. Gatti, Bernardo França, Domingos Zapparoli, Frances Jones, Nelson Provazi, Rafael Garcia, Renato Pedrosa, Rômolo, Sidnei Santos de Oliveira, Suzel Tunes

REVISÃO TÉCNICA Carmen Tadini, Celio Haddad, Fernando Cendes, Karl Kienitz, Luis Cassinelli, Luiz Nunes de Oliveira, Maria Rita Passos Bueno, Walter Colli

**É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DE TEXTOS, FOTOS, ILUSTRAÇÕES E INFOGRÁFICOS SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO**TIRAGEM 31.440 exemplares  
IMPRESSÃO Plural Indústria Gráfica  
DISTRIBUIÇÃO DINAP

GESTÃO ADMINISTRATIVA FUSP – FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PESQUISA FAPESP Rua Joaquim Antunes, nº 727, 10º andar, CEP 05415-012, Pinheiros, São Paulo-SP

FAPESP Rua Pio XI, nº 1.500, CEP 05468-901, Alto da Lapa, São Paulo-SP

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

# Plásticos demais

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

Versatilidade é uma das muitas propriedades que caracterizam o plástico. Esses polímeros têm múltiplos usos, substituindo vidro, madeira, papel, metal, tecidos naturais. Essa particularidade o tornou onipresente na sociedade ocidental moderna. A produção mundial, em milhões de toneladas, era de 2 em 1950 e chegou a cerca de 400 em 2016. É o veículo perfeito para o modelo de consumo rápido, barato e descartável.

A trajetória exponencial do plástico esbarrou em um grande problema: o incômodo da opinião pública com imagens como a da tartaruga com um canudo entalado na narina, fauna marinha com resíduos plásticos no estômago e ilhas de descartes flutuando em alto-mar. Em pouco tempo, tornou-se frequente na mídia a notícia de alguma cidade ou país que proibiu canudos ou plásticos de uso único. Empresas procuram adotar materiais de origem biológica, e a degradação dos diferentes tipos de polímero na natureza é objeto de investigação.

Os problemas decorrentes da produção e do consumo excessivo de plásticos, assim como eventuais soluções, são o tema das três reportagens que compõem a capa desta edição (página 18). Achar substitutos que causem menos danos à natureza, como os bioplásticos, é um desafio tecnológico e comercial: ainda representam uma parcela ínfima (0,5%) do total de plástico produzido anualmente. Outra dificuldade é o seu descarte: um dos atrativos desse tipo de material é justamente a sua estabilidade diante dos processos naturais de degradação.

Cerca de 40% da produção atual de plásticos se destina aos produtos de uso único, o que coloca em questão a necessidade de um consumo mais consciente em um planeta com seus recursos sob

severo estresse: seringas descartáveis podem ser imprescindíveis, mas muitos outros desses produtos, não. O ônus não deve ser depositado no consumidor final, mas é improvável que sem uma mudança real de comportamento esse problema seja resolvido ou atenuado. A responsabilidade pela destinação final e eventual reciclagem também é objeto de debate: que obrigações cabem aos fabricantes? Diferentes países dão respostas diversas.

\*\*

Desde 2003, o Brasil tem uma legislação restritiva em relação ao acesso às armas de fogo, mas ainda é o país com a maior quantidade de assassinatos por disparos no mundo. Dos 65,6 mil homicídios em 2017, 74,4% foram causados por balas. A partir do Estatuto do Desarmamento, as taxas anuais de assassinato cresceram menos: nos 23 anos antes da lei, a média avançava 8,1% ao ano; de 2004 a 2014, o crescimento anual passou a ser de 2,2%, mostra levantamento do Ipea (página 78).

Há várias explicações para essa aparente contradição – com o acesso às armas restringido pela legislação, a expectativa seria de que o número de homicídios caísse. No que diz respeito à oferta, ainda são vendidas em média 53 mil unidades por ano, apesar de queda substancial, mostram dados do Instituto Sou da Paz. Além disso, pesquisa do mesmo instituto sobre o caminho percorrido por armas legalmente comercializadas no estado de Goiás mostra que 73% de quase 9 mil unidades apreendidas pela polícia em um período de 18 meses (junho de 2016 a dezembro de 2017) haviam sido adquiridas antes do estatuto. Isso significa que o armamento da população nas décadas de 1980 e 1990 ainda tem um impacto na violência existente no país.

# BOAS PRÁTICAS



## Por um novo sistema de recompensas

Conferência Mundial em Hong Kong propõe mudanças em processos de avaliação para promover a integridade científica

A 6ª Conferência Mundial sobre Integridade Científica, que aconteceu em Hong Kong, na China, entre os dias 2 e 5 de junho, deslocou o eixo do debate sobre a ética no ambiente de pesquisa. Em vez de tratar de temas vinculados diretamente ao problema, como o combate a plágio, falsificação e fraude ou a necessidade de garantir treinamento em boas práticas entre estudantes e pesquisadores, a reunião teve como foco a confiabilidade da ciência e a influência dos processos de avaliação em casos de má conduta. A ideia é que os sistemas de recompensa dos pesquisadores, ainda muito baseados em indicadores quantitativos de desempenho e em um conjunto limitado de atividades científicas, fomentam comportamentos deletérios, que vão desde o ímpeto em publicar em revistas de baixa qualidade para inflar a produção individual até o enviesamento de resultados para reforçar o impacto de trabalhos científicos. “É importante mudar a forma como avaliamos a pesquisa”, disse à rádio pública alemã *Deutschlandfunk* o epidemiologista Lex Bouter, copresidente da conferência e reitor da Universidade Livre de Amsterdã entre 2006 e 2013. Segundo ele, a ênfase em critérios de avaliação como número de publicações e citações é geradora de distorções.

“Outras atividades, que também são importantes para a pesquisa, acabam negligenciadas. Isso envia a mensagem errada e cria incentivos ruins.”

Para balizar as discussões na conferência, os organizadores divulgaram o rascunho de um documento cuja versão final será apresentada em breve. O Manifesto de Hong Kong propõe cinco princípios a ser considerados na hora de promover pesquisadores e avaliar suas contribuições. O primeiro é reduzir o peso de métricas quantitativas, como número de artigos, índice-H dos cientistas ou o fator de impacto de revistas, e valorizar práticas que ao mesmo tempo promovam a integridade e a qualidade da pesquisa. Um exemplo dessas práticas, diz o manifesto, é o registro público de protocolos de pesquisas a fim de que as premissas e a realização de um estudo sejam conhecidas de forma transparente, reforçando a confiança nos resultados.

O segundo princípio é reconhecer o esforço de pesquisadores que divulgam todos os achados de seus experimentos, inclusive fracassos. O costume de publicar apenas resultados que deram certo gera um panorama parcial dos desafios enfrentados pelo pesquisador, e isso faz com que colegas que tentam reproduzir a pesquisa nem sempre cheguem às mesmas



## A participação dos pesquisadores brasileiros

Oito pesquisadores brasileiros participaram da 6ª Conferência Mundial de Integridade Científica, em Hong Kong, um contingente inferior ao registrado em edições anteriores do evento. Em Amsterdã, em 2017, havia cerca de 20 brasileiros, e no Rio de Janeiro, em 2015, mais de 200. Mas alguns de seus trabalhos tiveram repercussão. A biomédica Mariana Dias Ribeiro foi uma das três premiadas no Doctoral Forum, uma sessão da conferência em que alunos de doutorado apresentam seus projetos para uma banca de especialistas e ouvem comentários e recomendações. Doutoranda no Programa de Educação, Gestão e Difusão em Biociências do Instituto de Bioquímica Médica da UFRJ, Ribeiro pretende fazer uma avaliação sobre o impacto de retratações de artigos científicos na carreira de seus autores. Ela vai selecionar uma amostra em um universo de 2 mil pesquisadores da área biomédica que tiveram artigos retratados e entrevistá-los para saber que tipo de prejuízo amargaram, e se perderam alunos, emprego ou financiamento. O projeto deve estar concluído em 2022. “Foi muito importante apresentar um projeto em uma fase inicial e ter um feedback positivo.

A banca considerou minha iniciativa ambiciosa”, diz ela, que é orientada por Sonia Vasconcelos, da UFRJ.

Também obteve destaque a apresentação da Iniciativa Brasileira de Reprodutibilidade, feita pelo médico Olavo Amaral, pesquisador da UFRJ. Trata-se de um projeto que busca reproduzir os resultados de até 100 experimentos em ciências biomédicas descritos em artigos científicos assinados por brasileiros. “O trabalho foi bastante elogiado após a apresentação na conferência e se observou o grande espaço de diálogo com iniciativas e resultados de outros grupos, em vários países”, disse Sonia Vasconcelos. A enfermeira Rafaelly Stavale, mestranda na Universidade de Brasília (UnB), apresentou os resultados de uma análise

de publicações da área de ciências da saúde que sofreram retratação entre 2004 e 2017 e tinham entre os autores pesquisadores afiliados a instituições brasileiras. Ela identificou 65 artigos e constatou que a maioria foi retratado por má conduta – 60% eram casos de plágio. Também observou que parte desses artigos continuava disponível em bases de dados sem nenhum alerta sobre sua retratação: 63% deles continuaram a ser citados mesmo depois do cancelamento. Os resultados foram publicados em abril na revista *PLOS ONE*. “Estou trabalhando para transformar o estudo em um projeto de doutorado para avaliar por que esses pesquisadores se envolveram em má conduta e até que ponto entendem a gravidade disso”, explica Stavale.



conclusões. Entre as práticas a serem valorizadas, incluem-se desde a divulgação de resultados preliminares em repositórios de preprints, por meio da qual achados podem sofrer escrutínio de uma gama ampla de especialistas no tema antes da publicação, até a publicação de relatórios registrados, *papers* que apresentam métodos e planos de análise de uma pesquisa ainda não iniciada, mas que foram avaliados por pares. Revistas especializadas nesses relatórios se comprometem a publicar os resultados finais, ainda que sejam nulos, o que permite comparar a ambição do projeto com o seu desfecho.

Os demais princípios tratam da necessidade de tornar a ciência mais aberta, ampliando o compartilhamento de dados de ensaios e experimentos; da valorização de um conjunto mais extenso de atividades científicas, como o trabalho de replicar estudos feitos por outros pesquisadores; e do

reconhecimento de tarefas essenciais, como a avaliação por pares e a mentoria de estudantes e jovens pesquisadores.

Segundo Sonia Vasconcelos, pesquisadora no Programa de Educação, Gestão e Difusão em Biociências do Instituto de Bioquímica Médica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o manifesto atualiza a preocupação com a adoção de métricas de avaliação responsáveis, que já havia sido descrita em documentos anteriores, como a Declaração de São Francisco sobre Avaliação de Pesquisa (Dora), de 2012. “Agora, há uma ênfase mais forte e o documento é mais propositivo sobre a responsabilidade dos órgãos financiadores, no sentido de valorizar práticas responsáveis que devem estar mais bem representadas e explicitadas em regras para pedidos de bolsas e de financiamento”, afirma Vasconcelos, que apresentou em Hong Kong estudo sobre o papel de autores

correspondentes na construção de uma cultura responsável de atribuição de autoria em países emergentes na ciência. Em 2015, ela coordenou a organização local da 4ª edição da conferência, no Rio de Janeiro.

Olavo Amaral, pesquisador da UFRJ que apresentou na conferência o projeto Iniciativa Brasileira de Reprodutibilidade (*ver Pesquisa FAPESP n° 267*), observa que a mudança no eixo das discussões sobre integridade científica evoluiu nos últimos anos: “O campo da integridade científica se estruturou em torno da discussão sobre a má conduta – ou seja, sobre cientistas burlando regras. Mas cada vez mais fica claro que a maior parte das distorções se dá por pesquisadores atuando nas regras e incentivos existentes – e o problema talvez seja que esses incentivos não favorecem a construção de uma ciência confiável”. ■

Fabrizio Marques

## É possível extrair o bem do mal?

O *Atlas da anatomia humana topográfica e aplicada*, obra do austríaco Eduard Pernkopf (1888-1955) em parceria com quatro ilustradores vienenses, foi publicado entre 1937 e 1941 e, nos anos seguintes, seus mais de 800 desenhos do corpo humano se tornaram referência para anatomistas e cirurgiões de todo o mundo pela precisão e riqueza de detalhes. Na década de 1990, a publicação caiu em desgraça ante as evidências de que os ilustradores usaram cadáveres de vítimas da resistência ao nazismo na Áustria como modelos – a simpatia de Pernkopf pelo regime de Hitler já era conhecida, tanto que ele foi reitor da Universidade de Viena durante a Segunda Guerra Mundial.

A qualidade e a utilidade da obra continuam a gerar dilemas éticos, como o que envolveu a cirurgiã Susan Mackinnon, pesquisadora da Universidade Washington em Saint Louis, no estado norte-americano de Missouri. Em um artigo publicado na revista *Surgery*, ela relatou o caso de uma paciente de 50 anos de idade que, após várias cirurgias no joelho, sofrera uma lesão em um nervo que causava uma dor insuportável e cogitava amputar a perna para se livrar do suplício. Como não conseguia encontrar o nervo, pediu ao colega Andrew Yee para fotografar uma das ilustrações do Atlas de Pernkopf, que ela ganhara em 1982, e lhe mandasse por e-mail. Assim, identificou a localização exata e concluiu a operação com sucesso.

Depois ficou pensando se fizera a coisa certa. Ela e Yee resolveram consultar historiadores, especialistas em bioética e juristas, para colher suas opiniões. O resultado, exposto na *Surgery*, é que Mackinnon fez bem em recorrer às ilustrações. O médico Michael Grodin, da Escola de Medicina da Universidade de

Boston, Estados Unidos, estuioso da medicina do nazismo, ponderou que os desenhos de Pernkopf conjugam notáveis qualidades artísticas e científicas, ao contrário de boa parte do conhecimento gerado pelos cruéis experimentos dos médicos de Hitler que, de modo geral, se revelou fútil e imprestável.

Segundo Grodin disse ao serviço de notícias em saúde e negócios Stat, o dilema da médica remete a uma velha pergunta: “É possível extrair o bem do mal?”. Mas nem mesmo o judaísmo, afirmou Grodin, veria um impedimento no uso das imagens. “A maioria dos rabinos não apenas permitiria utilizá-las, como isso seria obrigatório”, diz, referindo-se ao potencial dos desenhos de ajudar a salvar vidas e aliviar sofrimentos. O rabino e especialista em bioética Joseph Polak, da Universidade de Boston, concordou com Grodin, mas ressaltou que médicos e educadores devem relembrar



ILUSTRAÇÃO RÓMOLO

as origens quando recorrerem às ilustrações. “Sempre que alguém usar uma dessas imagens, precisa contar de onde ela veio”, afirmou Polak, sobrevivente de um campo de concentração.

## Academia poderá expulsar membros por má conduta

A Academia Nacional de Ciências (NAS) dos Estados Unidos anunciou uma alteração em seus estatutos para permitir a expulsão de membros que violarem o Código de Conduta da instituição. Até então, a afiliação dos cientistas era vitalícia e não havia instrumentos para revogá-la. A mudança é uma resposta às pressões para afastar dos quadros da academia pesquisadores responsáveis por assédio sexual, caso do astrônomo Geoff Marcy, que renunciou a seu cargo na Universidade da Califórnia, Berkeley, Estados Unidos, por assediar alunas

entre 2001 e 2010, e do neurocientista Thomas Jessell, demitido da Universidade Columbia, Estados Unidos, por perseguir uma aluna com quem tivera um relacionamento. A presidente da NAS, Marcia McNutt, fez uma consulta aos membros da instituição e 86% votaram a favor da mudança. “A votação é menos sobre limpar a casa e mais sobre a adesão dos membros da academia a padrões elevados de conduta profissional”, disse ela, segundo a revista *Science*. A NAS tem 2.350 membros e 485 afiliados de outros países — desse total, há 190 vencedores do Prêmio Nobel.

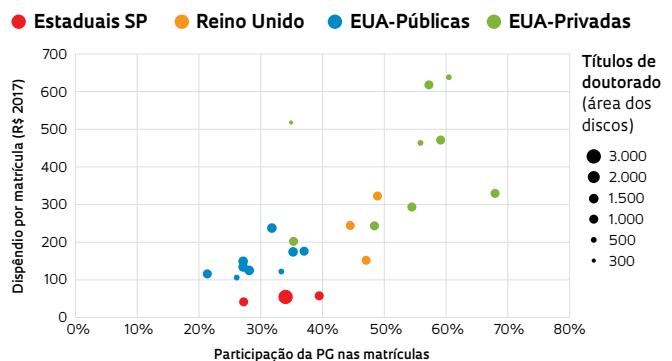
## Dispêndios de universidades intensivas em pós-graduação

- ▶ A tabela apresenta dados, para 2017<sup>1</sup>, de matrículas de graduação e de pós-graduação (PG)<sup>2</sup>, de títulos de doutorado concedidos<sup>2</sup>, de dispêndio total<sup>3,4</sup> e de dispêndio por matrícula, para algumas universidades intensivas em PG (ao menos 20% das matrículas nesse nível), incluindo as estaduais paulistas, 18 instituições públicas e privadas (sem fins lucrativos) dos EUA e três universidades britânicas.

Universidade	Matrículas graduação	Matrículas pós-graduação <sup>2</sup>	Matrículas total	Matrículas %PG	Títulos doutorado <sup>2</sup>	Dispêndio <sup>3,4</sup> (R\$ milhões 2017)	Dispêndio por matrícula (R\$ 2017)	
Estaduais SP	USP	58.957	30.202	89.159	34%	3.078	4.726	53.005
	Unicamp	18.883	12.230	31.113	39%	997	1.763	56.663
	Unesp	37.997	13.998	51.995	27%	1.227	2.025	38.945
Reino Unido	Oxford <sup>2</sup>	11.747	11.687	23.975	49%	-	7.714	321.771
	Cambridge <sup>2</sup>	12.044	9.612	21.656	44%	-	5.288	244.200
	Imperial College	9.767	8.648	18.415	47%	1.338	2.783	151.113
EUA-Públicas	Califórnia-Los Angeles	31.002	14.426	45.428	32%	1.418	10.727	236.139
	Michigan-Ann Arbor	29.821	16.181	46.002	35%	1.522	8.125	176.619
	C. Norte-Chapel Hill	18.862	11.049	29.911	37%	1.249	5.211	174.220
	Wisconsin-Madison	31.358	11.619	42.977	27%	1.435	6.448	150.029
	Califórnia-Berkeley	30.574	11.336	41.910	27%	1.182	5.553	132.494
	Minnesota-Sistema	44.544	17.143	61.687	28%	1.686	7.662	124.209
	Stony Brook (NY)	17.364	8.625	25.989	33%	592	3.175	122.170
	Texas Austin	40.492	11.033	51.525	21%	1.284	5.947	115.428
	Maryland-Coll. Park	29.868	10.653	40.521	26%	600	4.251	104.910
EUA-Privadas	MIT	4.547	6.919	11.466	60%	622	7.318	638.264
	Stanford	7.083	9.437	16.520	57%	1.023	10.188	616.726
	Princeton	5.394	2.879	8.273	35%	358	4.284	517.781
	Yale	5.746	7.228	12.974	56%	709	5.995	462.079
	Duke	6.692	9.602	16.294	59%	1.041	5.817	357.017
	Harvard	9.965	21.155	31.120	68%	1.528	10.209	328.041
	Pensilvânia	10.033	11.874	21.907	54%	1.287	6.077	277.417
	Nova York	26.417	24.706	51.123	48%	1.456	12.308	240.747
	Cornell-Ithaca	14.686	7.979	22.665	35%	804	4.544	200.483

- ▶ Apesar de serem as universidades públicas brasileiras mais bem financiadas, os dados mostram que os valores de dispêndio por matrícula para as universidades paulistas estão muito abaixo daqueles para as demais universidades analisadas, incluindo as públicas dos EUA.
- ▶ Os dados do gráfico indicam que quanto mais intensiva em pós-graduação, maior o valor do dispêndio por aluno da instituição, o que se confirma por regressão linear do logaritmo do dispêndio por aluno em função da porcentagem das matrículas em PG<sup>5</sup>.
- ▶ Essa regressão indica que acrescentar 10 pontos percentuais na participação da PG nas matrículas se associa a aumentar em cerca de 40% o orçamento por aluno matriculado na instituição (para esse grupo de instituições).

### DISPÊNDIO POR MATRÍCULA CRESCE COM A PÓS-GRADUAÇÃO (2017)



**NOTAS (1)** PARA EUA E REINO UNIDO, OS DADOS SE REFEREM AO ANO LETIVO 2017-2018, EXCETO PARA A UNIVERSIDADE DE CAMBRIDGE, 2016-2017. **(2)** NO CASO DE EUA E REINO UNIDO, AS MATRÍCULAS E TÍTULOS DE DOUTORADO INCLUEM TODOS OS TIPOS DE DOUTORADO, QUE NO BRASIL SÃO APENAS OS DE TIPO ACADÊMICO. NÃO HÁ DADOS DISPONÍVEIS PARA AS UNIVERSIDADES DE CAMBRIDGE E OXFORD PARA OS TÍTULOS. OS DISCOS NO GRÁFICO, PARA ESSAS INSTITUIÇÕES, FORAM GERADOS PARA O VALOR DE 1.000 TÍTULOS, APENAS PARA ILUSTRAÇÃO. **(3)** OS DISPÊNDIOS INCLUEM TODOS OS TIPOS, DE INSTRUÇÃO, PESQUISA E SERVIÇOS, EXCETO AQUELES REFERENTES A HOSPITAIS E CENTROS DE ATENDIMENTO DE SAÚDE, QUE VARIAM MUITO DE CARACTERÍSTICAS TANTO NO BRASIL COMO NO EXTERIOR, E QUE MUITAS VEZES SÃO PARTE DE SISTEMAS MAIS AMPLOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE. **(4)** NO CASO DE EUA E REINO UNIDO, OS VALORES FORAM CONVERTIDOS PELO ÍNDICE MÉDIO DE 2017/2018 (EXCETO CAMBRIDGE, 2016/2017) DE PARIDADES DE PODER DE COMPRA (PPP\$), QUE LEVA EM CONTA A DIFERENÇA REAL DE PREÇOS ENTRE PAÍSES. NO CASO DAS ESTADUAIS PAULISTAS, NÃO INCLUEM AS DESPESAS COM INATIVOS, O QUE TAMBÉM NÃO ACONTECE COM AS DEMAIS INSTITUIÇÕES ANALISADAS. **(5)** EXCLUINDO-SE HARVARD E PRINCETON, QUE APRESENTAM COMPORTAMENTOS ATÍPICOS, O VALOR DE R PASSA A 0,92.

**FONTES** USP, UNICAMP, UNESP: ANUÁRIOS 2018, GERÊNCIA DE ESTUDOS E INDICADORES/COORDENAÇÃO INDICADORES CT&I, FAPESP. DEMAIS INSTITUIÇÕES: FINANCIAL/BUDGET REPORTS, COMMON DATA SETS DAS INSTITUIÇÕES E CARNEGIE CLASSIFICATION, UNIV. INDIANA. ÍNDICE PPPS: [HTTPS://DATA.OECD.ORG/CONVERSION/PURCHASING-POWER-PARITIES-PPP.HTM](https://data.oecd.org/conversion/purchasing-power-parities-ppp.htm)

# NOTAS

## Um dinossauro de garras muito afiadas

Há 90 milhões de anos, viveu em um antigo deserto situado em terras hoje pertencentes ao noroeste do Paraná um pequeno bípede carnívoro de pouco mais de 1 metro (m) de comprimento e 11 quilos de peso que exibiu uma característica física ameaçadora nunca antes registrada em outro dinossauro: pés dotados de um par de garras em formato de lâmina, com as quais provavelmente segurava e dilacerava suas presas. O temível traço anatômico de *Vespersaurus paranaensis*, nome da nova espécie de dinossauro, a primeira encontrada nesse estado da região Sul do país, tinha função análoga às garras em forma de gancho de um gênero famoso de dinossauro, *Velociraptor* (*Scientific Reports*, 26 de junho). “Apesar da semelhança, *Vespersaurus* não era parente próximo de *Velociraptor*”, afirma o paleontólogo Max Langer, da Universidade de São Paulo (USP), campus de Ribeirão Preto, que coordenou o estudo sobre os fósseis da nova espécie, achados no

município de Cruzeiro do Oeste. “Ele provavelmente se alimentava de lagartos e pterossauros [répteis alados], cujos vestígios fósseis também já foram encontrados na região.” Os membros inferiores de *Vespersaurus* ainda indicaram outra característica peculiar da espécie. O animal caminhava com praticamente todo seu peso apoiado sobre um único dedo, a maior falange, de cada pé. De seus quatro dedos, três eram funcionais e um, vestigial (atrofiado). O maior dedo funcional, que produzia as marcas de suas pegadas, ficava entre as duas garras. *Vespersaurus* pertence ao grande grupo dos terópodes, dinossauros carnívoros que, além de *Velociraptor*, inclui os tiranossauros. Também assinam o trabalho científico com a descrição da nova espécie pesquisadores da Universidade Estadual de Maringá; do Museu de Paleontologia de Cruzeiro do Oeste; do Museu Nacional, do Rio de Janeiro; e do Museo Argentino de Ciencias Naturales.



Reconstituição artística de *Vespersaurus paranaensis* (abaixo), e fóssil de pé com garras em forma de lâmina (acima)



## Imprevistos com o transplante fecal

A FDA, agência de alimentos e medicamentos dos Estados Unidos, interrompeu os estudos clínicos de avaliação do transplante de microbiota fecal (TMF), até que essa técnica se mostre efetivamente segura. O órgão tomou essa decisão após registrar infecções severas em dois pacientes que haviam recebido microbiota fecal de outras pessoas para combater bactérias resistentes a antibióticos; um deles morreu (*The New York Times*, 13 de junho). Segundo a FDA, os dois pacientes já estariam com o sistema de defesa comprometido quando se submeteram ao transplante. Eles receberam a microbiota fecal de um mesmo doador, cujas fezes continham bactérias *Escherichia coli* resistentes a antibióticos, conforme se constatou em exames realizados depois

de os pacientes terem adoecido. As fezes não haviam sido testadas para essa variedade mais agressiva de microrganismo antes de serem transferidas aos pacientes.

O episódio levou a FDA a recomendar que se passe a examinar as fezes dos doadores em busca de microrganismos resistentes a medicamentos antes da realização desse tratamento e que elas não sejam usadas, caso bactérias resistentes sejam encontradas. Ainda não aprovado para uso clínico pela FDA, o TMF tem sido adotado experimentalmente para tratar infecções intestinais severas, principalmente as causadas pela bactéria *Clostridium difficile* (ver Pesquisa FAPESP nº 280). "Apesar de apoiarmos essa área de descoberta científica, é importante notar que o transplante de microbiota fecal não ocorre sem risco", disse Peter Marks, diretor do Centro de Avaliação e Pesquisa Biológica da FDA.



Em laboratório na Universidade de Cambridge, Purdy entrega, em fevereiro de 1968, recipiente com óvulos fecundados *in vitro* a Robert Edwards

## O papel omitido de Jean Purdy na fertilização *in vitro*

A enfermeira e embriologista britânica Jean Purdy contribuiu de modo decisivo, em meados da década de 1970, para o desenvolvimento da técnica de fertilização humana *in vitro*, na qual os óvulos são fecundados fora do corpo da mulher e depois implantados em seu útero. Essa afirmação está nas cartas de um dos criadores da técnica, o fisiologista britânico Robert Geoffrey Edwards (1925-2013), abertas para o acesso público em junho deste ano. A correspondência estava nos arquivos da Universidade de Cambridge, Reino Unido, onde Edwards foi professor, informa o site da instituição. Nas cartas, o fisiologista afirma que Purdy havia se unido à equipe em 1968 e que teria contribuído tanto quanto ele e o ginecologista Patrick Christopher Steptoe (1913-1988) para o desenvolvimento da técnica de fertilização *in vitro*. Edwards trocou correspondência com a Agência de Saúde de Oldham, na região de Manchester, noroeste da Inglaterra. Na época, a agência preparava a inauguração de uma placa para registrar o nascimento na cidade, em julho 1978, de Louise Brown, o primeiro bebê de proveta do mundo. Os nomes de Steptoe e Edwards constaram na placa, instalada no hospital Kershaw's Cottage. O de Purdy, no entanto, foi omitido, apesar dos apelos de Edwards. Purdy morreu de câncer em 1985, aos 39 anos de idade. Edwards foi laureado com o Nobel de Medicina ou Fisiologia em 2010, aos 85 anos. Steptoe não foi premiado porque já havia falecido, em 1988. Em 2015, a Real Sociedade Britânica de Biologia substituiu a antiga placa por outra com o nome dos três pesquisadores. Calcula-se que 6 milhões de bebês tenham sido gerados no mundo por meio dessa técnica.

Cultura de bactérias *Clostridium difficile*, causadora de infecções intestinais



# Refugiado tem escolaridade acima da média brasileira

A maioria dos refugiados que chegou ao país tem ensino médio completo (um terço concluiu o ensino superior) e está trabalhando, indica um levantamento realizado por pesquisadores da Cátedra Sérgio Vieira de Melo, que reúne integrantes de diferentes instituições brasileiras, em parceria com o Alto Comissariado das Nações Unidas para os Refugiados (Acnur). Os dados foram obtidos em entrevistas com 487 pessoas que vivem no Distrito Federal e em sete estados (Amazonas, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) onde estão 94% dos estrangeiros sob a proteção do Estado brasileiro. Coordenado pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), o levantamento indica que os refugiados têm escolaridade superior à média da população brasileira (só 26% dos brasileiros concluíram o ensino médio). Apesar da escolaridade, a maior parte dos que têm curso superior não consegue revalidar o diploma no Brasil. Quatro em cada cinco têm renda inferior a R\$ 3 mil, e 41% sofreram discriminação. Apesar das dificuldades, 96% gostariam de obter a nacionalidade brasileira. Dos 487 entrevistados, 153 vieram da Síria e 116 da República Democrática do Congo. Quase metade se declarou do gênero masculino, 83% chegaram ao país após 2010 e 46% são negros. Segundo o Acnur, o Brasil tem quase 10 mil refugiados (5,1 mil com registro ativo). A desativação ocorre quando se adquire nacionalidade brasileira ou com a mudança de país ou morte.



A bacia Aitken corresponde à mancha escura na parte inferior desta imagem da face distante da Lua

Mulheres e crianças em encontro de refugiados realizado em 2017 em Brasília

## Mistério sob o polo Sul lunar

Próximo ao polo Sul da Lua, na face do astro que não pode ser vista da Terra, existe uma cratera de dimensões colossais. É a bacia Aitken, que tem quase 2,5 mil quilômetros (km) de diâmetro e 13 km de profundidade. Suspeita-se que ela tenha sido criada pelo impacto de um asteroide entre 4,3 bilhões e 3,9 bilhões de anos atrás, no início da formação do Sistema Solar. A idade da bacia Aitken a torna uma das estruturas mais antigas preservadas na superfície da Lua, e suas dimensões lhe garantem o posto de maior cratera de impacto conhecida. Usando medições topográficas feitas pela sonda Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) e de variações na gravidade obtidas pela sonda Gravity Recovery and Interior Laboratory (Grail), uma equipe norte-americana

identificou abaixo da crosta da bacia Aitken um gigantesco caroço de massa mais densa, com 2 quatrilhões de toneladas, que se estende a até 300 quilômetros de profundidade no manto lunar (*Geophysical Research Letters*, abril). Uma possível explicação para a existência desse caroço é que o metal do asteroide que formou a cratera pode ter ficado aprisionado no manto lunar, em vez de ter afundado em direção ao núcleo, sugeriu o geofísico Peter James, do Baylor College, Estados Unidos, um dos autores do estudo, em um comunicado à imprensa. Outra é uma possível concentração de materiais mais densos no último estágio de solidificação do magma lunar.

## Cai veto a fundos patrimoniais

O Congresso Nacional derrubou no dia 11 de junho o veto imposto pelo presidente Jair Bolsonaro que impedia as fundações de apoio às universidades públicas de atuar como gestoras dos fundos patrimoniais filantrópicos, os chamados fundos *endowment*. À época, a justificativa do governo para o veto foi de que a permissão "comprometeria a segregação de funções", além de trazer prejuízos à credibilidade do fundo porque poderia



Mergulhador e duas lulas *Dosidicus gigas*, no mar de Cortez, no México

## Gigantes com brilho próprio

Mergulhar a mais de 200 metros (m) de profundidade no Pacífico pode render encontros memoráveis. Um deles seria com uma lula de 2 m de comprimento e 65 quilogramas, salpicada de pontos azuis. *Dosidicus gigas* é uma das maiores lulas do mundo, encontrada do Chile aos Estados Unidos, e tem nos tentáculos, braços e na cabeça uma profusão de fotóforos, estruturas que emitem luz. Em geral, esses animais vão do anzol à panela sem que ninguém repare no brilho. Seus fotóforos só foram descobertos quando amostras de tecido foram enviadas à parasitologista Karin Lohrmann, da Universidade Católica do Norte, no Chile, para verificar se os grânulos embebidos na carne poderiam ser nocivos. A pesquisadora reconheceu os grânulos como fotóforos e sua descrição em revista científica chamou a atenção do químico Anderson Garbuglio de Oliveira, do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP). Há três anos ele e equipe estudam amostras da lula e, agora, isolaram as substâncias envolvidas na bioluminescência: o substrato desidrocclenterazina e a enzima simplectina (*Photochemistry and Photobiology*, 8 de abril). Gabriela Galeazzo, aluna do IO-USP, tenta agora inserir os genes que codificam a produção das duas substâncias em células de bactéria, fungo ou mamífero para dominar a produção dos compostos em laboratório.

3

comprometer instrumentos importantes para a fiscalização, prestação de contas e transparência da gestão de doações. “Trata-se de uma vitória para a ciência brasileira”, afirma Fernando Peregrino, presidente do Conselho Nacional das Fundações de Apoio às Instituições de Ensino Superior e de Pesquisa Científica e Tecnológica (Confies). “A decisão ajuda a estabelecer a base legal e a garantir segurança jurídica para a captação de recursos privados para o financiamento das atividades de ensino, pesquisa e inovação”, esclarece. Outros vetos foram mantidos, como o que inviabiliza o incentivo fiscal às doações de recursos privados.

## Incas cobravam imposto agrícola

Um tipo específico de quipo, conjunto de cordões coloridos de lã pontuados por nós, pode ser a primeira evidência de que havia cobrança de impostos no antigo império inca, formado pelo povo que dominou a parte da costa do Pacífico e dos Andes

entre os séculos XII e XVI (*Latin American Antiquity*, março). O arqueólogo Alejandro Chu, da Universidad Nacional Mayor de San Marcos, no Peru, e o antropólogo Gary Urton, da Universidade Harvard, nos Estados Unidos, estudaram cerca de 30 quipos encontrados em um contexto peculiar em Inkawasi, sítio arqueológico no sul do Peru usado por esse

povo para armazenar produtos agrícolas: os cordões estavam enterrados sob estoques de pimenta, amendoim e feijão-preto. Segundo os pesquisadores, os cordões e nós foram tecidos de modo a registrar um valor maior, interpretado como o total da produção armazenada, e um valor menor fixo, equivalente ao tributo a ser pago pelo agricultor. Também seria codificada uma terceira quantidade, que, somada ao imposto, resultaria no total estocado. Chu e Urton não descartam a hipótese de que o valor fixo codificado nos quipos possa refletir o total de sementes guardado para ser plantado na próxima safra. Por ora, no entanto, defendem que o número parece ser o valor do tributo.

Quipo inca encontrado em Inkawasi, no sul do Peru





## Efeito das mudanças climáticas sobre a Amazônia

As mudanças climáticas podem se tornar a principal ameaça à floresta amazônica nas próximas décadas, contribuindo para um declínio significativo da diversidade de árvores na região até 2050. A conclusão resulta de simulações computacionais feitas por pesquisadores brasileiros e holandeses. Eles analisaram o impacto do desmatamento e o das mudanças climáticas – primeiro, cada um em separado, depois, ambos somados – sobre 10.071 espécies de árvores da Amazônia. Em seguida, projetaram os resultados com base em diferentes possíveis cenários. Em artigo, cujo primeiro autor é Vitor Hugo Gomes, pesquisador da Universidade Federal do Pará (UFPA) e do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), o grupo estima que o desmatamento possa reduzir entre 19% e 36% a diversidade de árvores nas próximas décadas, e as mudanças climáticas, entre 31% e 37%. Dois fatores explicariam o declínio no segundo cenário: a desaceleração do ritmo de crescimento de algumas espécies e o aumento na mortalidade de outras – ambos decorrentes da intensificação das secas, do aumento das temperaturas e da elevação de níveis de gás carbônico na atmosfera. No pior cenário, os dois fenômenos poderiam causar um declínio de até 58% na riqueza de árvores amazônicas (*Nature Climate Change*, 24 de junho). Muitas espécies perderiam até 65% de sua área original e 53% entrariam para a lista de ameaçadas de extinção. Na borda oriental da Amazônia, onde a fronteira agrícola avança sobre a floresta, 95% das espécies poderiam desaparecer até 2050.

Árvore morta durante a seca de 2005 na Amazônia

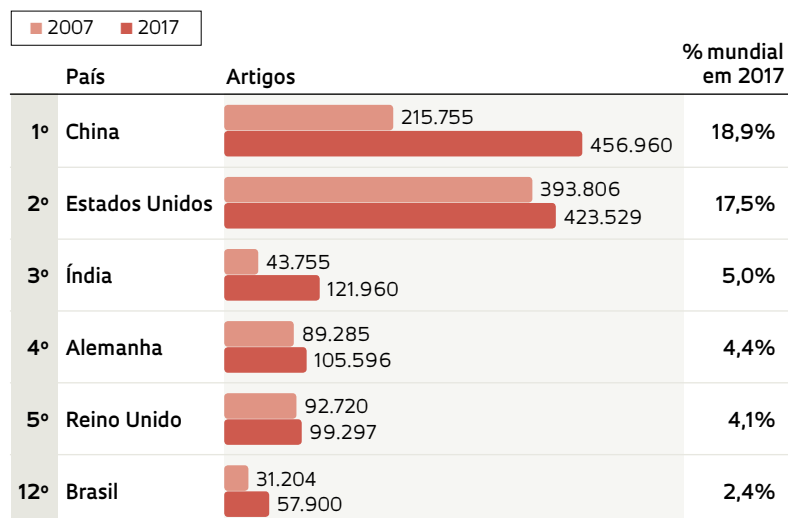
## China à frente dos Estados Unidos

Em 2017, a China produziu 456.960 artigos, livros e resumos de conferências em ciência e engenharia registrados na base Scopus, o correspondente a 18,9% da produção mundial. Os dados da National Science Foundation, divulgados em 30 de maio, mostram que a China superou os Estados Unidos, que naquele ano publicaram 423.529 desses itens. De 2007 a 2017, a produção chinesa apresentou um crescimento anual de 8,43%, bem superior ao norte-americano (0,83%). Nesse levantamento, a Índia apresentou uma taxa anual de crescimento da produção acadêmica ainda maior (11,1%) e ficou em terceiro lugar, com 121.960 artigos, livros e resumos publicados em 2017. Entre os maiores produtores de ciência no mundo, o Brasil ocupou a 12ª posição, com 57.900

artigos publicados em 2017 e uma taxa anual de crescimento de 6,8%. O país com a maior taxa de crescimento foi o Irã, com uma produção aumentando 15,3% ao ano nos 10 anos analisados e 45.627 documentos publicados em 2017. A China não se mostrou apenas em rápida expansão, mas também mais protecionista. Em junho, o governo da China determinou que estudos feitos com genes, células, órgãos ou informações da sua população deverão ter ao menos um participante chinês entre os pesquisadores. Em vigor desde 1º de julho, as novas regras determinam que as organizações estrangeiras que usarem os materiais biológicos devem obedecer às leis chinesas, trabalhar em cooperação com os institutos chineses e compartilhar dados e patentes. Quem não seguir as determinações poderá ser multado (*The Scientist*, 17 de junho).

### EVOLUÇÃO POR PAÍS

Além da China, a Índia também apresentou um aumento expressivo da produção científica



FONTES NATIONAL CENTER FOR SCIENCE AND ENGINEERING STATISTICS / NATIONAL SCIENCE FOUNDATION; SRI INTERNATIONAL; SCIENCE-METRIX; ELSEVIER, SCOPUS





2

## Transformações milenares na cultura primata



3

Há 3 mil anos, macacos-prego (*Sapajus libidinosus*) do Parque Nacional da Serra da Capivara, no Piauí, já quebravam e esmagavam frutos e sementes usando pedras. A atividade ficou registrada nas pedras usadas, cheias de marcas de impacto e encontradas em escavações conduzidas por uma equipe de arqueólogos britânicos e etólogos brasileiros (*Nature Ecology and Evolution*, 26 de junho). “As pedras são iguais às que eles usam hoje”, conta o biólogo Tiago Falótico, da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP), que coordenou as escavações mais recentes. Além de terem recuado em mais de 2 mil anos o histórico conhecido para o uso de ferramentas entre esses macacos, os pesquisadores comemoram o primeiro registro de mudança cultural. O material depositado entre 3 mil e 2,4


mil anos atrás revela o uso extenso de pedras pequenas. “Hoje eles usam pedras semelhantes para quebrar sementes e frutos como os da maniçoba [*Manihot pseudoglaziovii*], uma planta da família da mandioca”, diz. Na fase seguinte, entre 640 e 565 anos atrás, os macacos ainda usavam pedras pequenas, mas já existiam mais bigornas – superfícies planas onde apoiam o alimento no momento da quebra. Mais recentemente, eles parecem ter começado a usar pedras maiores, que permitem quebrar castanhas bem duras, e disseminaram o uso de bigornas. Os únicos outros primatas não humanos com atividades gravadas em registros arqueológicos são chimpanzés da Costa do Marfim, na África. Lá, as escavações vão até 4.200 anos atrás, mas não identificam mudanças culturais ao longo do tempo.

Macho adulto quebra castanha-de-caju, observado por um jovem e uma fêmea (*no alto*); e pedras usadas por macacos-prego (*acima*)

CAPA

# Planeta plástico

Depósito de  
plásticos pós-uso da  
cooperativa de  
reciclagem Reciclázaro,  
em São Paulo



Criado há cerca de um século,  
o material polimérico que trouxe  
inúmeras facilidades à vida  
moderna tornou-se fonte de um  
enorme problema ambiental

Yuri Vasconcelos

**Q**uase todo mundo viu ou ouviu falar do vídeo da tartaruga encontrada com um canudo plástico enfiado no nariz. O episódio aconteceu há quatro anos, quando a bióloga marinha norte-americana Christine Figgener conduzia com colegas um estudo sobre tartarugas na Costa Rica. Em alto-mar, eles avistaram um exemplar da espécie verde-oliva com o que parecia ser um verme tubular gigante em uma de suas narinas. Os pesquisadores logo concluíram que era um pedaço de canudo, de cerca de 10 centímetros, e decidiram remover o objeto. O procedimento, filmado pelo grupo, mostrou o animal agonizando de dor. Postada na internet, a gravação rapidamente se disseminou pelas redes sociais e contribuiu para que os canudos passassem a ser encarados como um dos grandes vilões do meio ambiente. Desde a divulgação do vídeo, visualizado até hoje 36 milhões de vezes no YouTube, o produto vem sendo banido de várias cidades ao redor do mundo.

Esse acontecimento tornou-se emblemático de um problema de grandes proporções que aflige o planeta: o consumo desenfreado de plásticos e a poluição gerada por seu descarte inadequado. Estima-se que 8,9 bilhões de toneladas de plásticos primários (ou virgens) e secundários (produzidos de material reciclável) já foram fabricados desde meados do século passado, quando os

plásticos começaram a ser produzidos em escala industrial. Cerca de dois terços desse total, ou 6,3 bilhões de toneladas, viraram lixo, enquanto 2,6 bilhões de toneladas ainda estão em uso.

Esses dados integram o artigo *Production, use, and fate of all plastics ever made* (Produção, uso e destino de todo o plástico já feito), publicado na revista *Science Advances*, em julho de 2017. Considerado um dos estudos mais completos sobre o tema, ele foi liderado pelo físico Roland Geyer, da Universidade da Califórnia em Santa Bárbara.

Especialistas preocupam-se particularmente com o impacto da poluição por plásticos nos mares. Calcula-se que, a cada ano, mais de 8 milhões de toneladas de lixo produzidos desse material cheguem aos oceanos, provocando prejuízos à vida marinha, à pesca e ao turismo. Grandes aglomerações de plástico flutuante estão presentes em todos os oceanos – são os chamados giros. O maior deles, a Grande Mancha de Lixo do Pacífico, forma-se na altura do Havá e da Califórnia e se estende até o Japão (ver mapa na página 23).

“Um dos maiores problemas é a complexidade dos plásticos existentes nos oceanos. Estamos falando de redes de pesca, dos materiais usados na fabricação de roupas, nos produtos descartáveis, nos duráveis e *pellets* [pequenas esferas plásticas usadas como matéria-prima pela indústria]. Cada um deles usa polímeros específicos que afetam de forma diferente o ambiente e exigem soluções próprias”, declarou à *Pesquisa FAPESP* o cientista ambiental Marcus Eriksen, cofundador e diretor do 5 Gyres Institute, entidade com sede na Califórnia focada na redução da poluição plástica nos mares. “É até possível remover todo o plástico marinho, mas levaria tanto tempo e custaria tanto dinheiro que não valeria a pena”, diz Eriksen, considerado um dos maiores especialistas no tema. O custo do prejuízo para o ecossistema marinho, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), é estimado em US\$ 8 bilhões por ano. E a tendência é que esse valor aumente.

# As múltiplas faces do material

Existe quase uma centena de diferentes tipos de plástico, material que se tornou uma febre mundial a partir da metade do século passado

É difícil pensar na vida cotidiana sem a presença dos plásticos, embora eles sejam uma invenção relativamente recente. O primeiro, a resina sintética baquelite, foi criado apenas na primeira década do século XX, para substituir o marfim de elefantes e chifres e cascos de boi. Rígida, resistente ao calor e durável, ela é usada até hoje para fabricar tomadas, cabos de panela, ferramentas e telefones.

A indústria ganhou força nos anos 1930 com o surgimento do poliestireno, da poliamida (nylon é a principal marca) e de polímeros acrílicos, todos à base de petróleo. Mas foi a partir da década de 1950, com o fim da 2ª Guerra Mundial, que o material se popularizou. Tecidos de poliéster, lycra e nylon, mais baratos, fáceis de lavar e que dispensavam a necessidade de passar, começaram a competir com roupas de algodão e de outros tecidos naturais. O PVC, utilizado na fabricação de materiais de

construção, barateou processos desse setor e a resina de melamina-formaldeído começou a ser largamente empregada na produção de utensílios domésticos.

Os plásticos passaram a ser valorizados e associados a um novo estilo de vida, de uma sociedade direcionada ao consumo. Nas últimas décadas do século passado, a procura pelo material acelerou ainda mais graças à explosão de plásticos de uso único, embalagens descartáveis e sacolas plásticas. Esses produtos inundaram o mercado, substituindo principalmente bens manufaturados de uso pessoal e doméstico, feitos de outros materiais, como vidro, madeira, papel e metal.

Foi o que aconteceu, por exemplo, com as garrafas de PET, que, pouco a pouco, desbancaram as retornáveis de vidro. Brinquedos que antes eram fabricados de madeira passaram a ser confeccionados de resinas plásticas. E canudos, copos, pratos

e talheres descartáveis conquistaram o consumidor pela comodidade de não precisarem ser lavados – baratos, podiam ser jogados no lixo após o uso.

Hoje, o vasto universo dos plásticos – um material feito pela união de grandes cadeias moleculares chamadas polímeros, que, por sua vez, são formados a partir de moléculas menores, os monômeros – inclui quase uma centena de variedades e suas derivações. Eles se dividem em dois grupos. Os termoplásticos (80% dos plásticos consumidos) são maleáveis a altas temperaturas e recicláveis. Já os termorrígidos se decompõem ao aquecer e não são recicláveis mecanicamente.

A fabricação de embalagens, itens descartáveis que logo viram lixo, domina o setor. Em 2015, responderam por cerca de 36% do plástico produzido no mundo. O setor da construção consumiu 16% das resinas e a indústria têxtil 14%.

## OS MAIS POPULARES

Conheça as principais resinas plásticas sintéticas e suas aplicações



### Polietileno tereftalato (PET)

Garrafas, embalagens de cosméticos e alimentos, fibras têxteis



### Polietileno de alta densidade (PEAD)

Frascos para detergente e óleo automotivo, tampas, sacolas de supermercado



### Policloreto de vinila (PVC)

Tubulações de água e esgoto, brinquedos, perfis de janela, mangueiras



### Polietileno de baixa densidade (PEBD)

Sacolas de supermercado, sacos de lixo, filmes para embalar alimentos



### Polipropileno (PP)

Canudos, carpetes, peças automotivas, seringas descartáveis, caixas de bebida



### Poliestireno (PS)

Potes para iogurtes e sorvetes, bandejas de supermercado, aparelhos de barbear



### Outros\*

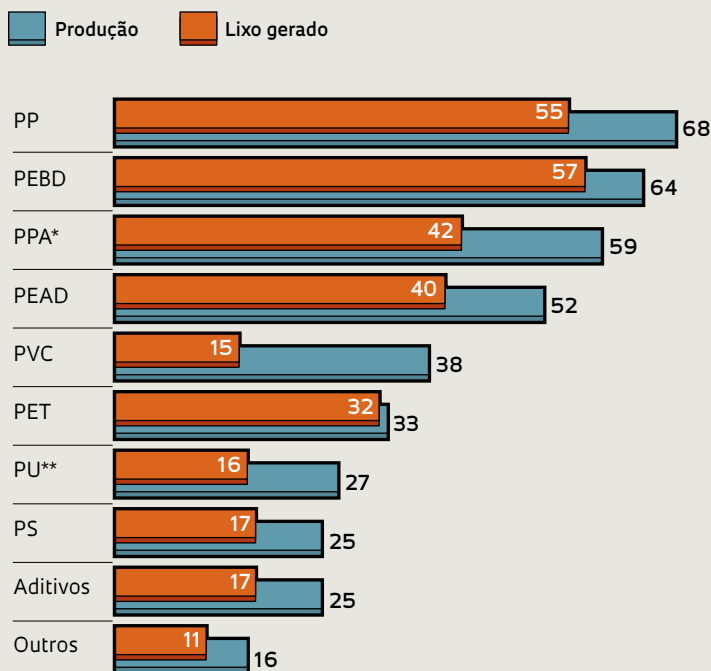
Solados de sapatos, autopeças, CDs, chinelos, eletrodomésticos, pneus

\* Poliuretano (PU), acetato-vinilo de etileno (EVA), melamina-formaldeído, poliamida (PA), policarbonato (PC), acrilonitrila butadieno estireno (ABS)

FONTE PLASTIVIDA

## MERCADO GLOBAL E GERAÇÃO DE LIXO

Polipropileno encabeçou o ranking mundial da produção; o polietileno de baixa densidade liderou o do descarte, em milhões de toneladas (2015)

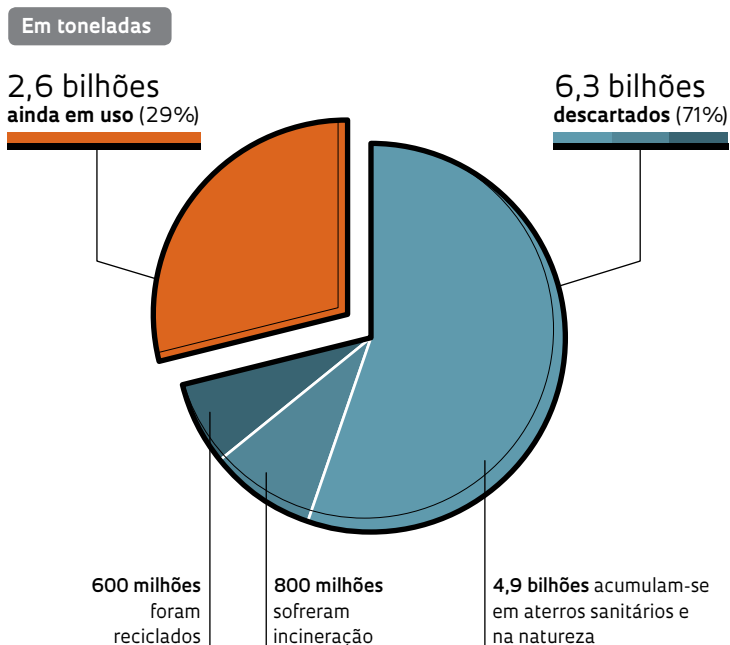


\* Polilátamida, um tipo de poliamida \*\*Poliuretano

FONTE PRODUCTION, USE, AND FATE OF ALL PLASTICS EVER MADE. SCIENCE ADVANCES. 2017

# O destino do polímero

O mundo produziu 8,9 bilhões de toneladas de plásticos\* desde 1950. Saiba onde elas terminaram



\*Primário (virgem) e secundário (reciclado)

FONTE: PRODUCTION, USE, AND FATE OF ALL PLASTICS EVER MADE. SCIENCE ADVANCES, 2017

Uma das raízes do problema é a alta demanda da sociedade por plástico. Em 2016, a produção atingiu 396 milhões de toneladas; em 1950, foram colocados no mercado 2 milhões de toneladas. A fabricação de plástico virgem no século XXI equivale ao volume produzido nos 50 anos anteriores (ver infográfico na página 22). E as projeções indicam que, se o ritmo de crescimento não for contido, o mundo terá que acomodar cerca de 550 milhões de toneladas do material em 2030.

Não é difícil entender as causas do vertiginoso crescimento da produção desses polímeros originários principalmente de materiais fósseis, como petróleo, gás e carvão. “O plástico é um material leve, resistente e durável, que traz inovações para o desenvolvimento da sociedade”, afirma José Ricardo Roriz Coelho, presidente da Associação Brasileira da Indústria do Plástico (Abiplast), entidade que congrega 12,1 mil empresas e 323 mil empregados. “O uso de descartáveis na área da saúde, por exemplo, evita contaminação e transmissão de doenças. No setor automotivo, ele garante redução de peso dos carros e ganho de eficiência energética. Já as embalagens alimentícias servem para aumentar a vida útil de prateleira das comidas.”

“A sociedade estaria 200 anos atrasada se o plástico não tivesse sido inventado”, comple-

menta o engenheiro de materiais especialista em polímeros Luis Fernando Cassinelli, presidente da consultoria paulista Avantec BR Participações, focada em gestão de inovação. “O planeta não seria capaz de suportar a população atual e futura sem o plástico originado do petróleo. Os materiais sucedâneos, como vidro, metal ou papel, trariam problemas de outra natureza, entre eles aumento do consumo de energia ou de água.”

O físico Munir Salomão Skaf, do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (IQ-Unicamp), concorda que a versatilidade, o baixo custo e a estabilidade dos plásticos diante dos processos naturais de degradação o tornaram onipresente no mundo, mas ressalva: “Essas mesmas propriedades fazem dele um sério agente poluidor por não se degradar facilmente no ambiente”. Diretor do Centro de Pesquisa em Engenharia e Ciências Computacionais, um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) da FAPESP, Skaf trabalha para tornar mais fácil essa degradação. Ele participa, com o pós-doutorando Rodrigo Leandro Silveira, de um grupo internacional responsável pela criação de uma enzima que degrada mais facilmente plásticos, a PETase (ver reportagem na página 29).

A poluição por materiais plásticos, sustenta Skaf, é um grave problema ambiental e requer, para seu enfrentamento, três abordagens com-

FOTO: LÉO RAMOS CHAVES INFOGRÁFICO: ALEXANDRE AFFONSO



Garrafas plásticas acumulam-se às margens do canal do Porto de Santos (SP)

plementares: a drástica redução do uso, a substituição por novos materiais (com características similares ao plástico sintético) facilmente degradáveis e a destinação adequada dos resíduos, via coleta e reciclagem.

Produtos plásticos de uso único, aqueles com vida útil efêmera, são a maior preocupação dos ambientalistas, por serem descartados imediatamente após sua utilização. Entre 35% e 40% da produção atual é composta por esse tipo de material, nos quais se incluem copos, sacolas, canudos, embalagens e talheres descartáveis. Os demais são produtos de longa duração, uma gama diversificada de itens que vai de celulares a peças automotivas, de tubulações para água e esgoto a equipamentos médicos e de informática.

“Descartamos uma quantidade de plásticos de uso único a uma velocidade que a natureza não consegue absorver”, constata a especialista em gestão ambiental Sylmara Lopes Gonçalves Dias, da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP). “Se tivermos materiais ou mesmo plásticos que tenham maior durabilidade e não sejam jogados fora tão rapidamente, vamos reduzir bastante a escala dos produtos descartados.”

Um problema é que na natureza os plásticos sintéticos levam um tempo excessivo para se degradar. Garrafas de água e refrigerantes feitas de PET (polietileno tereftalato) precisam de até 400 anos para se decompor, enquanto um copo de plástico permanece pelo menos 200 anos no ambiente.

## Maior preocupação dos especialistas, os plásticos de uso único representam cerca de 40% da produção mundial

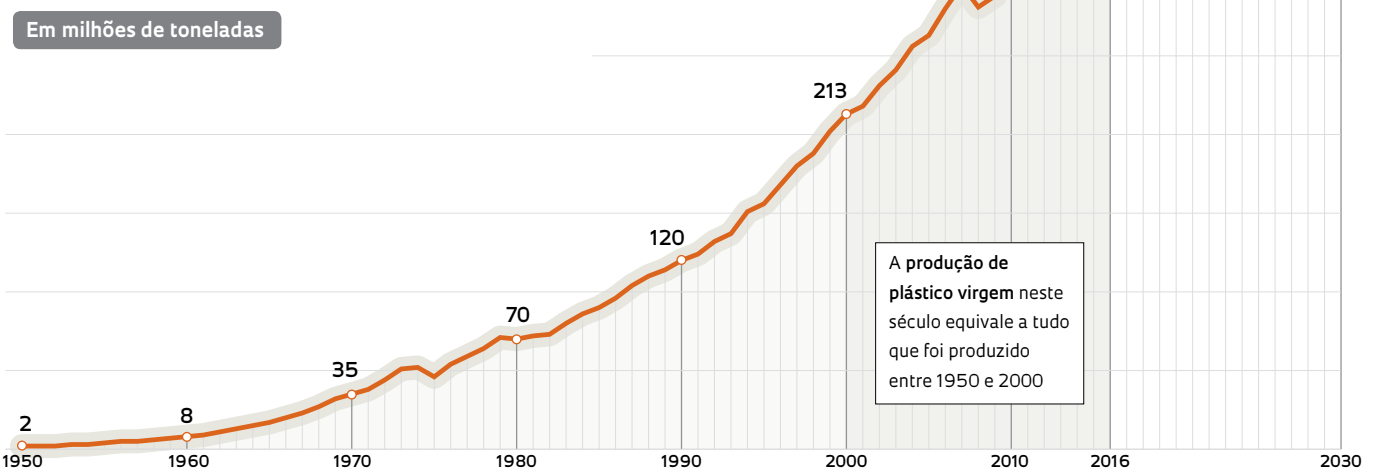
Por isso, dizem os estudiosos do tema, não é possível dissociar os impactos gerados pelo plástico no ambiente da gestão de resíduos nas cidades.

“Aproximadamente 80% do plástico achado nos mares vem de fontes terrestres. O restante tem origem em atividades humanas realizadas no próprio oceano. São contêineres que caem de embarcações, redes de pesca perdidas ou abandonadas e lixo de navios”, conta o especialista em ecologia e conservação marinha Alexander Turra, do Instituto Oceanográfico (IO) da USP. “No Brasil, parte importante do lixo que chega ao mar é gerado em áreas ocupadas irregularmente, como terrenos em morros e manguezais, onde não há oferta de serviço de coleta de lixo. É, portanto, um problema ligado à ocupação territorial irregular e que tem raiz essencialmente socioeconômica.”

Um estudo divulgado este ano pela organização não governamental WWF (Fundo Mundial para a Natureza) mostrou que, em razão da má gestão dos resíduos, um terço do lixo plástico produzido

## Crescimento acelerado

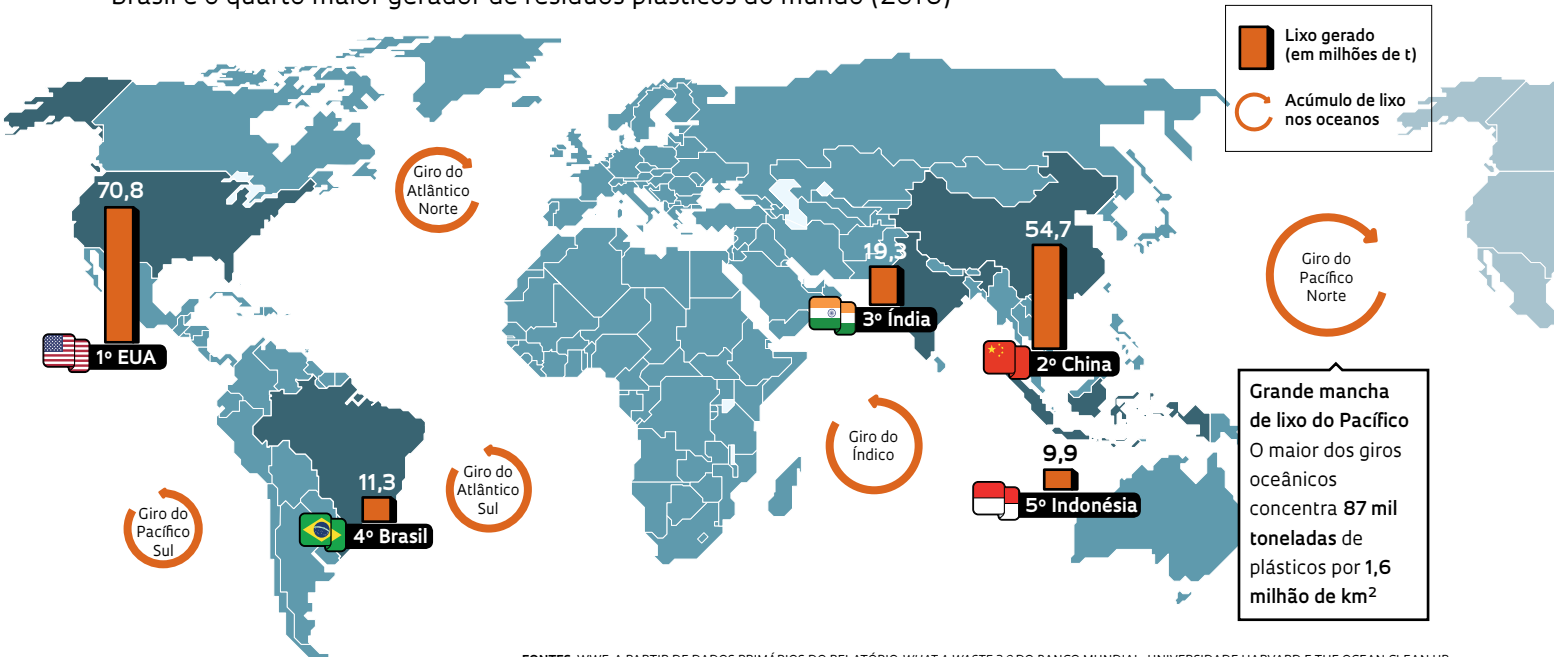
A produção global de plásticos pode chegar a 550 milhões de toneladas em 2030, volume 40% superior ao nível atual



FONTE: WWF E PRODUCTION, USE, AND FATE OF ALL PLASTICS EVER MADE. SCIENCE ADVANCES. 2017

# O mapa do lixo

Brasil é o quarto maior gerador de resíduos plásticos do mundo (2016)



FONTES WWF, A PARTIR DE DADOS PRIMÁRIOS DO RELATÓRIO WHAT A WASTE 2.0 DO BANCO MUNDIAL, UNIVERSIDADE HARVARD E THE OCEAN CLEAN UP

anualmente no mundo polui a natureza. “Nossos solos, águas doces e oceanos estão contaminados com macro, micro e nanoplásticos. A cada ano, seres humanos ingerem cada vez mais nanoplástico a partir de seus alimentos e da água potável, e seus efeitos totais ainda são desconhecidos”, aponta o relatório “Solucionar a poluição plástica: Transparência e responsabilidade”.

## SITUAÇÃO DO BRASIL

País com sérias deficiências na infraestrutura de saneamento básico, o Brasil sofre com esse tipo de poluição e, ao mesmo tempo, contribui para seu agravamento. De acordo com o WWF, o país foi o quarto maior produtor de lixo plástico do mundo em 2016, com 11,3 milhões de toneladas, superados apenas por Estados Unidos, China e Índia (*ver infográfico acima*). A maior parte dos resíduos gerados no país, 10,3 milhões de toneladas ou 91% do total, foi coletada pelo serviço de limpeza urbana, mas somente 145 mil toneladas, equivalente a 1,28%, foram encaminhadas para reciclagem. Esse é um dos menores índices do mundo e bem abaixo da média global, de 9%, segundo a ONG ambientalista, que utilizou em seu relatório dados primários do estudo *What a waste 2.0*, do Banco Mundial, lançado em 2018.

A indústria do plástico faz ressalvas a esses números. “A base de dados utilizada pela WWF está errada, tanto no que diz respeito à quantidade de plástico reciclado quanto ao volume de lixo produzido no país”, diz o engenheiro químico Miguel Bahiense Neto, presidente da Plastivida –

Instituto Socioambiental dos Plásticos, entidade mantida pelas empresas do setor. De acordo com ele, o consumo de produtos plásticos no país foi de 6,1 milhões de toneladas em 2016. Desse total, 33% são produtos de vida curta, de até um ano, que são rapidamente descartados, categoria na qual estão classificadas embalagens, garrafas, copos e sacolas. “O volume de plástico descartado no país corresponde a 20% do total divulgado no relatório do WWF”, afirma Bahiense.

Gabriela Yamaguchi, diretora de comunicação e engajamento do WWF-Brasil, explica que o resultado da indústria é distinto do apresentado pela ONG porque parte de base de dados diferentes – o do WWF foca na estimativa do vazamento de lixo plástico na natureza a partir de dados coletados em 2016 pelo Banco Mundial. Ela ressalta, no entanto, que os resíduos plásticos produzidos em determinado ano não se limitam exclusivamente aos materiais de uso único descartáveis fabricados naquele período – como sugere Bahiense. “Plásticos de longa duração colocados no mercado no passado serão descartados em algum momento, elevando o volume de lixo gerado naquele ano”, diz Yamaguchi.

A Plastivida e a Abiplast também contestam os dados relativos à reciclagem. De acordo com elas, 550 mil toneladas de plásticos foram recicladas em 2016. “Se tomarmos o volume reciclado por ano e compararmos com o que efetivamente é consumido de embalagens e equiparáveis no Brasil, temos um índice de reciclagem de 25,8%”, informaram as duas entidades em nota. Comparando-se, entre-

tanto, o volume reciclado com o consumo total de plástico no ano, o índice cai e fica próximo a 9%.

Apesar da assimetria entre os levantamentos, todos concordam que ainda é baixo o volume de plástico reciclado no país. E essa é uma das formas para enfrentar o problema. “O Brasil tem que investir na implementação de políticas que promovam as técnicas de reciclagem e a economia circular, envolvendo todos os atores da cadeia, como grandes produtores de resinas e insumos, indústrias de transformação [que fabricam os produtos plásticos], revendedores e consumidores”, opina o engenheiro químico José Carlos Pinto, do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe-UFRJ). Economia circular é um conceito fundamental na reutilização, recuperação e reciclagem de materiais pós-uso.

Para o presidente da Abiplast, José Ricardo Roriz Coelho, esse é o caminho a ser seguido. “A coleta seletiva e a reciclagem são essenciais para a resolução do problema da poluição ambiental, mas essas frentes ainda enfrentam empecilhos, como a bitributação do setor, a baixa oferta de matéria-prima e o alto custo logístico para o transporte do material. Para reverter esse quadro, a indústria da reciclagem precisa ser incentivada e valorizada”, destaca o executivo. Em outras palavras, o processo ainda permanece não lucrativo em larga escala e atrai poucos interessados.

Pesquisadores e ambientalistas concordam com a importância do fortalecimento da economia circular, mas afirmam que a reciclagem não é uma solução mágica para os desafios do lixo plástico.

“Não é possível enfrentar o problema olhando apenas para o pós-consumo. Há plásticos que não são naturalmente recicláveis. Polímeros aditivados e embalagens compostas, feitas de plástico e metal, muito usadas em alimentos, não são reciclados mecanicamente, assim como itens contaminados e de baixo valor”, explica Yamaguchi, do WWF. Além da reciclagem mecânica, a mais usada no Brasil e no mundo, existem outros dois tipos, a química e a energética, adotadas principalmente em países desenvolvidos.

Por isso, defende Sylmara Dias, da EACH-USP, é importante trabalhar também no início da cadeia produtiva, focando em produtos com design amigáveis ao ambiente. “Precisamos de uma política pública que condicione os fabricantes a aprovar o design e os materiais usados em novas embalagens, antes de seu lançamento, garantindo que não tenham potencial poluidor”, afirma Dias. “Ao mesmo tempo, é preciso investir em novas soluções, como materiais biodegradáveis de origem biológica, que a natureza consiga naturalmente regenerar.” ■

---

#### Projetos

1. Centro de Engenharia e Ciências Computacionais (nº 13/08293-7); **Modalidade** Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid); **Pesquisador responsável** Munir Salomão Skaf (Unicamp); **Investimento** R\$ 23.737.036,75.

Há mais de 700 auxílios à pesquisa e bolsas concedidas pela FAPESP sobre o tema. Ver [bv.fapesp.br/47942](http://bv.fapesp.br/47942).

#### Artigo científico

GEYER, R. *et al.* Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*. 19 jul. 2017.

## Um polímero versátil

Alguns benefícios que o plástico oferece à sociedade difíceis de serem substituídos

### CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

O desperdício de alimentos responde por um terço das emissões de gases de efeito estufa no mundo. Embalagens plásticas combatem o desperdício, ajudando a evitar a deterioração dos alimentos e garantindo sua qualidade e segurança

### FABRICAÇÃO DE ROUPAS

Cerca de 60% das roupas produzidas no mundo são de tecidos sintéticos, feitos de plásticos. Vestir a humanidade apenas com fibras naturais seria um grande desafio

### CARROS MAIS LEVES

Cada 150 quilos a menos no peso de um automóvel faz com que ele rode 1 quilômetro (km) a mais por litro de combustível. Os carros de hoje têm, em média, 200 quilos de plástico em sua estrutura, que substituem 1 tonelada de metal. Os 800 kg a menos resultam em um ganho de 5 km a mais por litro consumido

### SAÚDE HUMANA

O aumento da longevidade é atribuída, entre outros fatores, ao desenvolvimento

de vacinas e ao controle de infecções hospitalares. Plásticos descartáveis tiveram papel fundamental nesse segundo tópico

### MENOS EFEITO ESTUFA

A decomposição de embalagens biodegradáveis, como as fabricadas de amido, gera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gás responsável pelo efeito estufa. Plásticos armazenados em aterros sanitários aprisionam CO<sub>2</sub>, evitando que sejam liberados na atmosfera e intensifiquem o problema



# A ameaça dos microplásticos

Fragmentos de plásticos com dimensões micrométricas estão em todos os lugares e impõem desafios ao seu controle

Frances Jones

**D**a fossa das Marianas, no oceano Pacífico, aos Alpes, das praias de Fernando de Noronha às grandes metrópoles, os microplásticos estão em toda parte, em geral sem serem vistos. Análises cada vez mais detalhadas apontam para o caráter onipresente desses fragmentos, esferas, pedacinhos de filmes ou de fibras de plástico com até 5 milímetros de diâmetro ou extensão e frequentemente micrométricos. Eles já foram encontrados não apenas no ar que se respira, em ambientes terrestres, marinhos e reservas de água doce, mas também na água de torneira e engarrafada, no sal marinho, no mel, na cerveja, nos frutos do mar e em peixes consumidos pelo homem e, por consequência, nas fezes humanas.

Microplásticos como tema de estudo é algo relativamente novo e ganhou impulso somente neste século, com mais força nos últimos anos. Embora sua presença nos oceanos seja conhecida desde os anos 1970, apenas em 2004 o termo foi incorporado na literatura científica pelo pesquisador britânico Richard Thompson, professor de biologia marinha da Universidade de Plymouth, na Inglaterra. Vem das investigações sobre a biota e o ambiente marinho a maior parte dos estudos até agora, já que os oceanos são o repositório de boa parcela do microplástico produzido em terra, ao receberem a água de rios, riachos e esgotos.

“Os microplásticos têm grande potencial para alterar a biota e o ecossistema oceânico do nosso planeta como um todo”, diz o físico Paulo Artaxo, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) e membro da coordenação do Programa FAPESP de Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais. “Esse tipo de poluição tem efeitos ainda não totalmente entendidos e quantificados. Precisamos de muita pesquisa científica para caracterizar o material e estudar a extensão de sua distribuição, suas concentrações, seus efeitos nos ecossistemas e sobre os seres vivos e como removê-lo do meio ambiente.”

Uma iniciativa conjunta de instituições europeias e brasileiras disponibilizará € 10,5 milhões a partir do ano que vem para pesquisas em quatro grandes temas relacionados às fontes, à distribuição e ao impacto dos microplásticos no ambiente marinho. A chamada de propostas é resultado de uma parceria do Conselho Nacional das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (Confap) e da plataforma intergovernamental JPI Oceans, ligada à União Europeia (UE). Além do Brasil, participam do esforço 14 nações europeias. A FAPESP prevê dispor de até o equivalente a € 600 mil para os projetos, ainda não selecionados.

“Os grandes desafios dos oceanos não podem ser resolvidos por um único país”, diz a bióloga marinha Isabelle Schulz, do JPI Oceans e do Con-

Representação artística de microplásticos dissolvidos em água

sórcio Alemão para a Investigação Marinha, lembrando que as águas oceânicas conectam todos os continentes. “É importante ter uma abordagem integrada para pesquisa e monitoramento dos microplásticos. Essa chamada conjunta promove a saúde e a produtividade de mares e oceanos e lida com as pressões dos impactos humanos e da mudança climática sobre esses ecossistemas”, diz a pesquisadora alemã. “O conhecimento obtido poderá ser traduzido em políticas públicas e produtos e serviços profícuos.”

#### IMPACTOS DIVERSIFICADOS

Os desafios das pesquisas estão relacionados à diversidade de tipos, fontes, formatos e tamanhos de plásticos. Além de fragmentos microscópicos, há aqueles cuja dimensão está na escala de nanômetros (menores que 1 milésimo de milímetro), capazes, em tese, de entrar na corrente sanguínea e atingir órgãos como fígado, rins e cérebro. “Hoje temos grande dificuldade para entender o mundo das nanopartículas”, destaca Alexander Turra, professor do Instituto Oceanográfico da USP. “Não dispomos de tecnologia para fazer o monitoramento dessas partículas nem conhecimento sobre seus efeitos nos ecossistemas e na biodiversidade.”

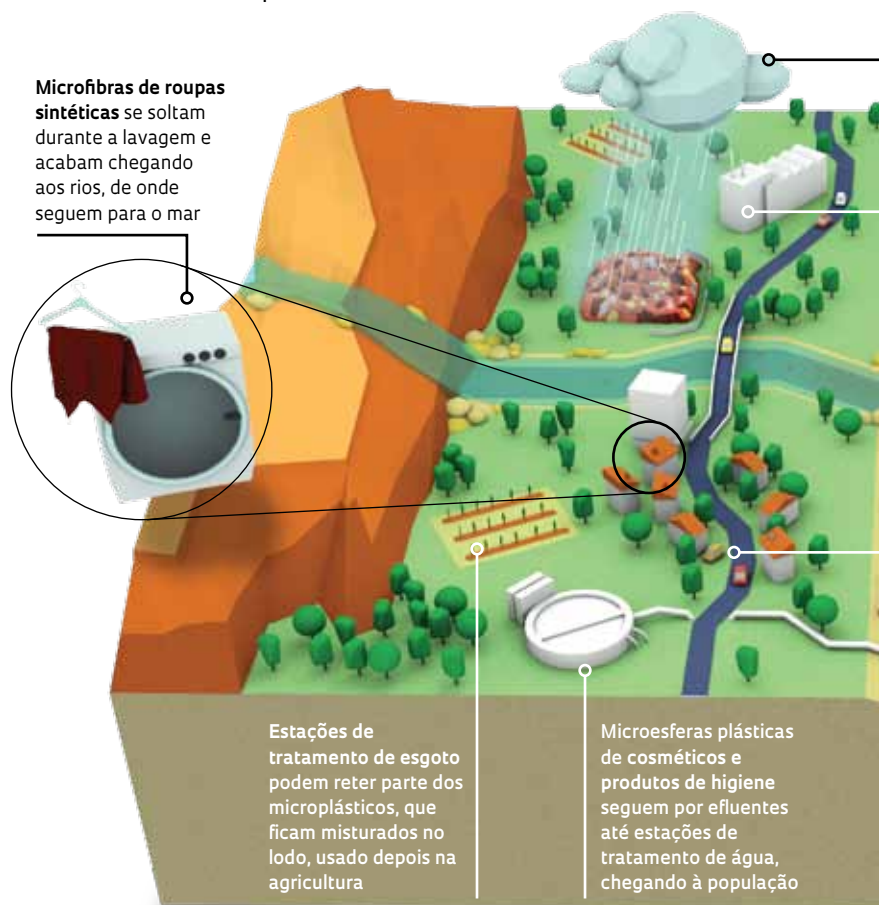
Turra integra, desde 2012, um grupo internacional de pesquisas independente que presta assessoria à Organização das Nações Unidas (ONU), o Gesamp (Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). Seu foco são os grandes desafios apresentados pelos plásticos e microplásticos. Em março, o grupo lançou um relatório com diretrizes orientando os países sobre como fazer o monitoramento e a avaliação do lixo no mar, incluindo os microplásticos.

Um estudo liderado por Turra descobriu em 2014, na região de Santos, litoral paulista, *pellets*, pequenas esferas usadas para produzir materiais plásticos, enterrados a até 2 metros de profundidade na areia da praia, indicando um problema muito maior do que o pensado até então, quando se acreditava que eles se limitavam à superfície. Na mesma região, 75% dos mexilhões tinham registro de ingestão de microplásticos. Pesquisas baseadas em experimentos de laboratório indicam que as partículas plásticas podem afetar o crescimento, a reprodução, o desenvolvimento e mesmo a sobrevivência de organismos marinhos.

Outro trabalho, coordenado pela Agência Ambiental da Áustria e pela Universidade Médica de Viena, revelou que amostras de fezes de oito voluntários em diferentes países possuíam quantidades variáveis de microplásticos – apesar da amostragem pequena, o estudo-piloto, com grande repercussão internacional, foi o primeiro com esse foco no mundo. “Os plásticos são invasivos na vida cotidiana, e os seres humanos são expos-

## De onde eles vêm

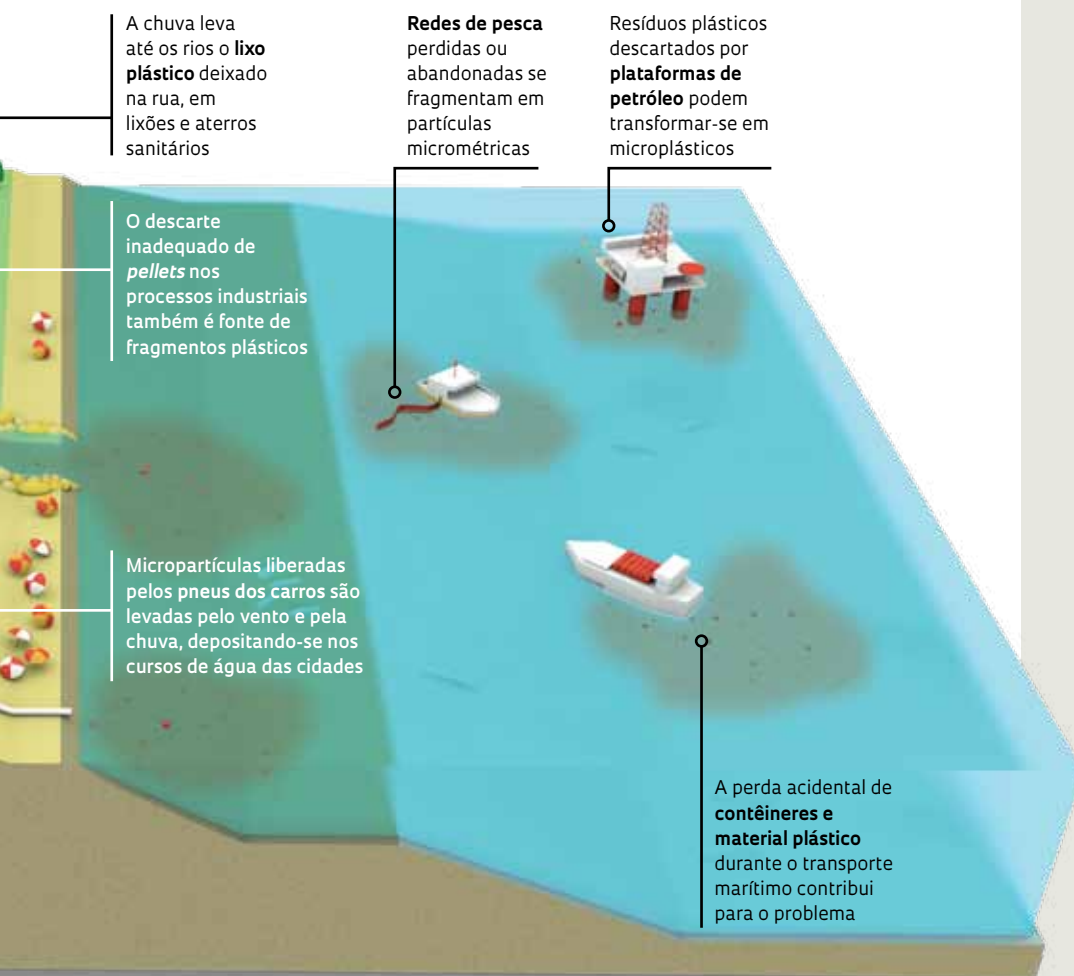
Saiba como os microplásticos se formam, chegam aos oceanos e podem afetar nossa vida



FONTES: ONU, GESAMP E ENTREVISTADOS

tos [a eles] de inúmeras formas”, declarou o líder do estudo, Philipp Schwabl, à agência de notícias alemã *Deutsche Welle*. “É altamente provável que durante as várias etapas de processamento de alimentos, ou durante a embalagem de produtos, a comida esteja sendo contaminada por plástico.”

Apesar de eles já terem sido detectados em organismos de todos os níveis da cadeia alimentar, ainda não há evidências de que as partículas bioacumulam e biomagnificam ao longo dela, ressalta Turra. Bioacumulação é um processo pelo qual substâncias são assimiladas e acumuladas nos tecidos dos organismos, enquanto biomagnificação é um fenômeno relativo ao acúmulo progressivo de substâncias de um nível para outro ao longo da cadeia alimentar. “Diferentemente de outros poluentes, nos quais há uma concentração maior nos predadores do topo da cadeia alimentar e não na base, no caso dos microplásticos isso não parece acontecer.” Aparentemente, as partículas assimiladas pelos organismos são, cedo ou tarde, excretadas.



## CLASSIFICAÇÃO

Os microplásticos são divididos em dois tipos

### PRIMÁRIOS

Liberados no ambiente como pequenas partículas



**Pellets**, esferas usadas como matéria-prima para a produção de plásticos maiores



Microesferas adicionadas em **cosméticos, pastas dentais, esfoliantes** e outros produtos de higiene

### SECUNDÁRIOS

Resultam da degradação de objetos maiores



Fibras oriundas de **roupas sintéticas, carpetes e tapetes** e liberadas pelo atrito de **pneus** com o asfalto



Fragmentos de **sacolas de supermercado, garrafas de PET e redes de pesca**



**Resíduos plásticos** expostos às intempéries ambientais (raios UV, temperatura, umidade, ação das ondas)



Restos de material empregados no cultivo agrícola, como **estufas, telas de sombreamento e filmes para cobertura do solo**

É o que parece ter ocorrido com os indivíduos que participaram do estudo austríaco e também com anêmonas-do-mar usadas em um experimento feito em laboratório por pesquisadores da Carnegie Institution for Science, em Stanford, na Califórnia. Todas que ingeriram microfibras de plástico, oferecidas com ou sem camarão, sua presa natural, eliminaram as partículas. A questão é que, com as mudanças climáticas, os organismos já estão sob forte estresse e acabam demorando mais tempo para expeli-las. “A constante exposição das anêmonas aos microplásticos pode ser agravada na presença de outros estressores, aumentando seus efeitos adversos”, sugere a oceanógrafa brasileira Manoela Romanó de Orte, uma das autoras do estudo.

Segundo a pesquisadora, estima-se que cerca de 90% dos microplásticos encontrados em ecossistemas costeiros estejam na forma de microfibras – e, desse total, grande parte seja proveniente da lavagem de roupas sintéticas. “Isso porque 60% das roupas são fabricadas a partir de

fibras de plásticos, principalmente nylon, acrílico e poliéster. Quando lavamos essas roupas, milhares de fibras são liberadas e muitas escapam dos filtros das máquinas de lavar e das estações de tratamento do esgoto e vão parar nos rios e oceanos”, conta Orte, que trabalha no Departamento de Ecologia Global da Carnegie Institution for Science.

### CONTAMINAÇÃO QUÍMICA

Além dos efeitos físicos, como a possível obstrução do trato digestivo de organismos menores, preocupam os cientistas os efeitos químicos das micropartículas ingeridas ou inaladas por humanos e animais, uma vez que elas podem ser vetores de microrganismos e contaminantes, como poluentes orgânicos persistentes (POPs), compostos sintéticos resistentes à degradação no ambiente. Há dois tipos de substâncias associadas às partículas: as que já vêm com o próprio plástico, comumente utilizadas para lhe conferir propriedades especiais, como ftalatos e bisfenol



Fragmentos de produtos plásticos na areia da praia

A, ambos conhecidos disruptores endócrinos, ou seja, com capacidade para alterar o funcionamento do sistema hormonal; e as substâncias adsorvidas pelos microplásticos, que podem incluir metais pesados e POPs.

Os ftalatos são um tipo de plastificante empregado para deixar o PVC flexível. Segundo Miguel Bahiense Neto, presidente da Plastivida – Instituto Socioambiental dos Plásticos, eles são usados em uma pequena fração desse tipo de polímero. Já o bisfenol A é matéria-prima dos policarbonatos. “Esses plásticos são utilizados na fabricação de produtos de vida longa, como eletrônicos e material de construção”, diz Bahiense.

Segundo a química Cassiana Carolina Montagner, pesquisadora do Laboratório de Química Ambiental do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), os POPs são abundantes no ambiente e podem se acumular nos organismos. Ela estuda há mais de 10 anos os contaminantes ditos emergentes – lançados no ambiente pelo uso de fármacos, pesticidas, hormônios, produtos de higiene pessoal e drogas ilícitas – e verificou que, no que diz respeito a essas substâncias, as concentrações nos rios paulistas pesquisados por ela estavam no mesmo nível de efgotos não tratados.

Agora, com apoio da FAPESP, a pesquisadora iniciou uma pesquisa sobre microplásticos e a sua capacidade de adsorção desses contaminantes no ciclo urbano da água – adsorção é o processo pelo qual moléculas ou íons ficam retidos na superfície de materiais sólidos por meio de interações químicas ou físicas. Muito antes de chegar ao oceano, lembra Montagner, o rio recebe efgotos, suas

águas passam por estações de tratamento e parte delas acaba indo para o abastecimento público. “Principalmente nas regiões Sul e Sudeste, onde se tem um adensamento urbano muito grande, quão efetivas são as estações de tratamento de água e esgoto para remover esses contaminantes? Como garantir que eles não sejam fonte de aporte de microplásticos para os oceanos e para a população em geral? Essas são perguntas que o estudo procurará responder”, diz a pesquisadora.

Um levantamento feito há dois anos pela Orb Media, organização jornalística sem fins lucrativos sediada em Washington, Estados Unidos, mostrou que os microplásticos estão presentes na água de torneira ao redor do mundo. Das 159 amostras coletadas em cinco continentes, e analisadas por pesquisadores da Universidade de Minnesota, nos Estados Unidos, 83% continham microplásticos. Dez amostras da capital paulista integraram o estudo – e nove estavam contaminadas por fibras plásticas. No ano passado, outro estudo da mesma entidade, relativo à água mineral comercializada, chegou a conclusões similares.

Além da contaminação na água de beber, a presença de microplásticos no ar também é motivo de inquietação. Na Faculdade de Medicina da USP, a professora Thaís Mauad e o pesquisador Luís Fernando Amato Lourenço, do Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental, planejam avaliar a quantidade desses fragmentos encontrados no ar de São Paulo, analisar suas características e seus efeitos para a saúde humana. Em um estudo-piloto, eles detectaram microfibras de plástico em suspensão na avenida Dr. Arnaldo, importante via da zona oeste da capital paulista. “Aqui no Brasil, por enquanto, não temos a menor ideia da concentração e da caracterização química, e do que existe ligado a esses microplásticos suspensos no ar”, diz Lourenço. As novas pesquisas tentarão compreender melhor essas e outras questões nos próximos anos. ■

## Projetos

1. Microplásticos transportados pelo ar: Detecção em amostras de ar ambiente, tecido pulmonar e efeitos em células epiteliais pulmonares cultivadas (nº 19/02898-0); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Sprint; **Pesquisadora responsável** Thaís Mauad (USP); **Investimento** R\$ 40.930,00.
2. Microplásticos como vetores de transporte de contaminantes orgânicos emergentes em matrizes aquáticas brasileiras (nº 18/21733-0); **Modalidade** Auxílio à Pesquisa – Regular; **Pesquisadora responsável** Cassiana Carolina Montagner Raimundo (Unicamp); **Investimento** R\$ 155.494,47.

## Artigos científicos

TURRA, A. *et al.* Three-dimensional distribution of plastic pellets in sandy beaches: Shifting paradigms. **Scientific Reports**. 27 mar. 2014  
MONTAGNER, C. Microplásticos: Contaminantes de preocupação global no Antropoceno. **Revista Virtual de Química**. 2018.  
DE ORTE, M. *et al.* Response of bleached and symbiotic sea anemones to plastic microfiber exposure. **Environmental Pollution**. 6 mar. 2019.

# Reutilizar, substituir, degradar

Especialistas defendem a adoção de múltiplas estratégias para enfrentar a poluição causada pelos plásticos

Os plásticos estão na mira das autoridades. Leis que restringem sua fabricação ou comercialização já são adotadas por dezenas de países. O banimento de produtos de uso único, como canudos, copos e embalagens, responsáveis pela maior parte dos resíduos que se acumulam na natureza, já é realidade em 27 nações – algumas cidades brasileiras também adotam a medida –, enquanto regulações que limitam a distribuição de sacolas plásticas foram sancionadas em 127 países. Esses dados fazem parte do estudo “Limites legais sobre plásticos e microplásticos de uso único”, divulgado no fim de 2018 pela ONU Meio Ambiente, uma agência do Sistema das Nações Unidas.

Além do estímulo à reciclagem, proibir plásticos descartáveis é uma das estratégias para conter o consumo excessivo do material. A iniciativa, no entanto, é refutada pela indústria e divide especialistas. “A simples proibição de canudos e outros produtos de uso único, apesar de ser uma iniciativa aparentemente assertiva, não resolve o problema”, afirma Alexander Turra, do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP). O banimento, ao contrário de campanhas de conscientização, diz ele, não cria nexos entre o não uso do canudo e seu eventual benefício ambiental. “Após a proibição do canudo no Rio de Janeiro, vendedores de água de coco passaram a oferecer copos plásticos aos clientes.”

Os canudos plásticos já foram proibidos em várias cidades do Brasil e do mundo



Filme plástico biodegradável feito na USP de Ribeirão Preto a partir de resíduos agroindustriais

Achar substitutos ao plástico que causem menos danos à natureza é um desafio. “Imagine o que aconteceria se fosse proibido vender água em garrafas de plástico”, provoca o engenheiro químico José Carlos Pinto, do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe-UFRJ). Substituí-las por vasilhames de vidro também causaria impactos ambientais. “Além da destruição causada para obtenção da matéria-prima, a sílica, oriunda de depósitos de areia, o processo fabril do vidro é mais poluente do que o do plástico. E aumentaria a emissão de dióxido de carbono [CO<sub>2</sub>] durante o transporte das garrafas, já que o vidro é mais pesado que o plástico”, afirma.

“Não existe uma solução fácil para a questão dos plásticos. Substituí-los por vidro, metal ou papel não é tarefa simples”, explica o químico Luiz Henrique Catalani, do Instituto de Química da USP. “Para saber se a troca é vantajosa, é necessário avaliar minuciosamente o ciclo dessas cadeias alternativas, incluindo uma análise de pós-uso. Nessa avaliação, deve-se considerar a pegada ambiental e energética de cada substituto”, diz o pesquisador, que estuda a aplicação de materiais poliméricos em engenharia biomédica.

Em maio, a União Europeia aprovou uma série de medidas para lidar com a poluição por material plástico. Além de proibir produtos de uso único em 2021 e de fixar a meta de produzir 90% das garrafas de plástico com material reciclado em 2029, os estados-membros decidiram que a indústria deve arcar com parte dos custos da gestão do material após sua utilização. É a chamada responsabilidade estendida do fabricante (EPR), que prevê, entre outras medidas, a taxa da indústria.

“Os produtores devem considerar no preço do plástico virgem seus impactos na natureza e na sociedade”, diz Gabriela Yamaguchi, diretora de

engajamento da organização não governamental WWF-Brasil. “Defendemos que taxas recaiam sobre a cadeia de produção pré-consumo, de forma a impulsionar a coleta seletiva e a reciclagem.” A obrigatoriedade da logística reversa, sistema pelo qual os fabricantes se responsabilizam por recolher plásticos pós-uso – para reinseri-los na cadeia, por meio da reciclagem, ou garantir uma destinação adequada –, é outra sugestão. Em 2015, a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (Abiplast), a Plastivida – Instituto Socioambiental dos Plásticos e outras 20 associações empresariais assinaram com o Ministério do Meio Ambiente o Acordo Setorial de Embalagens em Geral, cujo objetivo é ampliar a reciclagem, inclusive de plásticos.

A indústria discorda da implementação da responsabilidade estendida. “Somos contra o princípio do poluidor pagador, no qual as empresas são responsabilizadas pelo descarte dos produtos. Ele exime consumidores, varejo e demais atores da cadeia de qualquer responsabilidade”, declara o engenheiro químico Miguel Bahiense Neto, presidente da Plastivida. “O que temos hoje no Brasil, a responsabilidade compartilhada, é mais adequado. Cada um faz sua parte no processo para ampliar a reciclagem e evitar que plásticos pós-uso poluam o meio ambiente.”

## BIOLÁSTICOS

Outra estratégia para combater os problemas oriundos da poluição gerada pela produção excessiva e o descarte inadequado de plásticos é criar materiais alternativos aos polímeros de origem fóssil, como os bioplásticos. A capacidade instalada de produção dessas resinas, feitas com fontes renováveis de biomassa, principalmente de origem vegetal (mandioca, milho, resíduos agrícolas etc.) é de 2 milhões de toneladas por ano. Esse volume vem crescendo, mais ainda é pequeno diante das 400 milhões de toneladas de plásticos sintetizados a partir de petróleo, gás natural e carvão mineral.

Uma característica frequente entre os bioplásticos é a biodegradabilidade, o que significa que são passíveis de degradação por agentes biológicos vivos, como fungos e bactérias, em um prazo de até seis meses. Há, entretanto, aqueles que não são biodegradáveis, como o Plástico Verde da petroquímica Braskem, à base de cana-de-açúcar. Ainda assim, ele oferece benefícios ambientais. “O Plástico Verde foi o primeiro polietileno de origem renovável do mundo. Ele captura 3,09 toneladas de CO<sub>2</sub> a cada tonelada de resina produzida, contribuindo para a redução da emissão de gases causadores do efeito estufa”, afirma Gustavo Sergi, diretor de Químicos Renováveis da Braskem.

Quando se trata de degradação, é preciso mencionar, ainda, os polímeros oxidegradáveis. “Eles contêm substâncias que aceleram a degradação oxidativa [pela ação do oxigênio], gerando rápi-

da erosão do material, mas não necessariamente sua degradação total. O problema é que a maioria dessas substâncias tem metais de transição, alguns altamente tóxicos para o ambiente”, explica Catalani, da USP. “Esses plásticos foram banidos de outros países e tentam se instalar no Terceiro Mundo, onde a legislação ainda é fraca.”

Pesquisadores em todo o mundo tentam criar alternativas aos plásticos sintéticos. Na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP de Ribeirão Preto (FFCLRP), a química Bianca Chieragato Maniglia criou durante o mestrado e o doutorado filmes plásticos biodegradáveis a partir de resíduos da produção de óleo de babaçu e da extração de pigmento de cúrcuma. “Esses filmes têm potencial para ser usados como embalagens bioativas, pois contêm compostos fenólicos que conferem propriedades antioxidantes e antimicrobianas, ajudando na conservação dos alimentos”, conta a engenheira agroindustrial Delia Rita Tapia Blácido, que supervisionou a pesquisa.

Uma vantagem do biofilme da USP é utilizar resíduos agroindustriais como matéria-prima. “Esses materiais, de baixo custo, são normalmente descartados como se fossem lixo. Mas têm potencial para aplicação tecnológica”, diz Maniglia. Fabricantes de cosméticos, alimentos e produtos têxteis já demonstraram interesse pelo biopolímero, em fase final de desenvolvimento. “Nosso plástico ainda não consegue competir com o convencional principalmente por causa de

sua alta capacidade de absorver umidade. Mas estamos trabalhando nisso.”

Na Unicamp, o físico Munir Salomão Skaf, diretor do Centro de Pesquisa em Engenharia e Ciências Computacionais, um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) da FAPESP, e o pesquisador Rodrigo Leandro Silveira integraram uma equipe internacional que desenvolveu uma enzima, a PETase, que degrada com eficiência o PET usado na fabricação de garrafas. Metade da produção anual brasileira desse plástico, estimada em 520 mil toneladas, não é reciclada e vai parar em aterros, lixões ou na natureza.

“Nossa participação no estudo deu-se no entendimento da ação da enzima. Para isso, empregamos modelos computacionais”, informa Silveira. Ele explica que as enzimas não são estáticas, mas estruturas dinâmicas. “As simulações mostram sua movimentação”, destaca o pesquisador. A PETase permite a degradação do polímero em poucos dias. “Uma garrafa de refrigerante foi degradada pela enzima em 96 horas – normalmente, esse processo levaria centenas de anos. A PETase transforma o PET em suas pequenas moléculas. Não sobram partículas macroscópicas nem pedaços de plásticos”, explica Munir Skaf, destacando que ainda vai levar um tempo para a PETase tornar-se um produto comercial.

No ano passado, outra descoberta importante na área de polímeros foi divulgada na revista *Science*. Cientistas da Universidade Estadual do Colorado, nos Estados Unidos, liderados por Eugene Chen, anunciaram ter feito progresso na direção de um plástico que pode ser convertido ao seu estado original e reciclado infinitas vezes, sem deixar resíduos. “A ideia do trabalho foi a síntese de novos polímeros que podem ser facilmente degradados quimicamente a seus constituintes moleculares. Estes, por sua vez, podem ser reutilizados para elaboração desses mesmos plásticos. Assim como o estudo sobre a PETase, é uma pesquisa relevante e com grande potencial para ajudar a enfrentar a poluição gerada por resíduos plásticos”, afirma Silveira. ■

Yuri Vasconcelos

Polímero biodegradável: alternativa aos derivados de petróleo



## Projetos

1. Arcabouços sintéticos e naturais aplicados à medicina regenerativa (nº 18/13492-2); Modalidade Projeto Temático; Pesquisador responsável Luiz Henrique Catalani (USP); Investimento R\$ 2.617.149,54.
2. Aproveitamento de resíduos agroindustriais para a elaboração de filmes bioativos (nº 09/14610-0); Modalidade Auxílio a Pesquisa – Jovens Pesquisadores; Pesquisadora responsável Delia Rita Tápia Blácido (USP); Investimento R\$ 473.476,36.
3. Simulações de QM/MM híbridas de ferulolil esterases: Mecanismo de clivagem de complexos lignina-carboidrato em paredes celulares de plantas (nº 16/22956-7); Modalidade Bolsa no Exterior; Pesquisador responsável Munir Salomão Skaf Bolsista Rodrigo Leandro Silveira; Investimento R\$ 219.048,74.

## Artigo científico

CHEN, E. *et al.* A synthetic polymer system with repeatable chemical recyclability. *Science*. 27 abr. 2018.

# O direito das mulheres

Jurista que presidiu o mais importante comitê internacional de defesa dos direitos femininos fala das mais de quatro décadas de docência, pesquisa e militância

Glenda Mezarobba | RETRATO Léo Ramos Chaves

**S**ilvia Pimentel nasceu em Belo Horizonte (MG) e cresceu em uma casa projetada pelo arquiteto João Batista Vilanova Artigas (1915-1985), no bairro paulistano do Pacaembu. Filha de um casal que valorizava a educação e a cultura, aos 16 anos passou 10 meses viajando pela Europa, com os pais. “Tive duas irmãs”, conta. “Uma delas tinha uma pequena deficiência intelectual. Sabia somar, mas não multiplicar e dividir. Devido a esse fato, minha impressão é de que houve um esforço por parte dos meus pais para que eu recebesse a melhor formação possível”, conta.

Apesar da vida confortável que o pai proporcionava à família, desde menina preocupavam-lhe as mazelas sociais, especialmente as dificuldades enfrentadas pelas mulheres. Atenta ao que posteriormente se convencionou denominar de desigualdade de gênero, Pimentel descobriu o feminismo no final da década de 1970, quando já estava separada do primeiro marido, com quem viveu uma década e teve quatro filhos – que lhe deram sete netos. Atribui ao sociólogo Octavio Ianni (1926-2004) sua formação marxista – com ele leu *O capital* (1867). Na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), onde construiu sua carreira acadêmica, aprendeu com o professor e ex-governador André Franco Montoro (1916-1999) a pensar “a noção do justo como fundamental ao direito” e o direito a partir de múltiplas perspectivas. “Ao final de cada capítulo de seu livro *Introdução à ciência do direito*, ele incluía ideias filosóficas e jurídicas bem distintas de sua linha de pensamento”, recorda.

**IDADE** 79 anos

**ESPECIALIDADE**

Teoria e filosofia do direito e direitos das mulheres

**INSTITUIÇÃO**

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP)

**FORMAÇÃO**

Graduação (1970) e doutorado (1977) em direito, pela PUC-SP

**PRODUÇÃO**

13 livros escritos ou organizados, 31 capítulos de livros







Mário Covas, Franco Montoro e Sílvia Pimentel em sala do teatro Ruth Escobar, em 1982

“Muitos desses fragmentos foram traduzidos por mim, do inglês, francês, italiano e espanhol.”

Há 35 anos casada com o médico Fernando Proença de Gouvêa, nesta entrevista a entusiasta da parceria militante com vários grupos de mulheres – “sempre tive uma noção muito importante do coletivo feminista” – fala de sua participação na Assembleia Nacional Constituinte, da atuação no Comitê sobre a Eliminação da Discriminação contra a Mulher da Organização das Nações Unidas (Cedaw-ONU) e de feminicídio. “O arcabouço teórico-conceitual de gênero nos mostra como a violência contra a mulher é relacional e implica relações de poder”, observa. “Só por intermédio de uma ação conjunta, nós, mulheres, vamos conseguir sair dessa situação estrutural de subalternidade.”

***Você estudou em colégio de freiras e fez graduação e pós-graduação na PUC. Em que medida a religião norteou suas escolhas profissionais?***

Fui aluna do Sacre Coeur de Marie e depois estudei no Des Oiseaux. A preocupação dos meus pais não era com religião. Eles buscavam a melhor escola para mim. Quando eu tinha 12 ou 13 anos, apreensiva por me ouvir dizer que não acreditava em Deus, uma das freiras me levou para conversar com a madre superiora, que quis saber a razão da minha descrença. Respondi que havia aprendido que Deus era onipotente em bondade, mas não era isso que via no mundo. Eu percebia muita tristeza e muita desigual-

dade. Particularmente, me impressionavam as dificuldades de mulheres como as que trabalhavam na nossa casa, que haviam deixado os filhos no Nordeste para ganhar a vida. Não entendia que sociedade injusta era essa, que quase metade dos filhos de uma mulher morre e os que sobrevivem ela precisa deixar para cuidar de outra casa, em outra cidade. A madre Maria Inez de Jesus era muito inteligente. Depois de me ouvir, disse: “Você é tão novinha, pertence a uma família católica e estuda em uma escola católica. Essa é uma questão que não será fácil para você. Você vai se opor a todo mundo, na escola e na família. O que você acha de suspender um pouco essa questão? Você guarda para você e depois retoma”. Concordei. Nesse colégio, Deus era amor. O que havia de mais bonito, em termos de religião, estava lá. Mas continuo agnóstica e não sei se meu comprometimento com a vulnerabilidade e o sofrimento humano tem a ver com essa formação.

***Além do direito, você também estudou psicologia?***

Meu pai queria que uma de suas três filhas estudasse direito. Na cabeça dele, direito era uma profissão masculina, era “uma profissão de verdade”. Fiz a graduação em duas etapas. Cursei os três primeiros anos, casei, fiquei seis anos com a faculdade trancada, tive quatro filhos e, imediatamente depois do nascimento do caçula, voltei para concluir a graduação. Fiz pós-graduação em psicologia antes de cursar as disciplinas do

mestrado em direito. Foram três anos de estudos. Roberto Aguiar, que era assistente do professor Montoro na Faculdade de Direito da PUC, me dizia: “Não é possível você praticamente rasgar seu diploma de direito. Por que não faz então psicologia da educação e fica aqui conosco, como auxiliar de ensino?”. Foi ele que me convenceu a não dispensar os cinco anos de formação em direito. E foi assim que trabalhei com ambos na PUC.

***Como foi conciliar maternidade e formação acadêmica?***

Depois que casei, passei a viver em uma casa muito distante do centro da cidade, sem telefone e sem carro. A cada 16 meses tive um filho. Para não interromper minha formação intelectual, estabeleci que teria um tempo exclusivamente para mim, todos os dias. Nesse período, dedicava uma hora para música erudita e uma hora para leitura dos clássicos. Li todo Tolstói [1828-1910], Shakespeare [1564-1616], Dostoiévski [1821-1881].

***Em 1977, ao término de seu doutorado direto em direito, você defendeu tese intitulada “Evolução dos direitos da mulher – norma – fato – valor”. Por que escolheu esse tema?***

Minha orientadora, Haydée Maria Roveratti, era socióloga do direito. Eu não sabia exatamente com que tema gostaria de trabalhar e recebi dela o seguinte conselho: escolha um tema que diga muito ao seu coração e ao seu intelecto. Optei por estudar a evolução dos direitos da mulher.

***A escolha acabou definindo sua trajetória profissional.***

Foi uma resposta do que meu coração e intelecto desejavam. Inclusive porque eu tinha uma carga pessoal de violência psicológica muito forte, que me convenceu ainda mais da importância de se compreender a situação da mulher. Naquele momento, ninguém se importava com os direitos da mulher. Como sujeito de direito, a mulher era invisível. Só não havia invisibilidade em relação à “punição” em crimes como o de adultério, por exemplo, até 2005, quando foi retirado do Código Penal.

***A mulher era invisível quanto aos direitos, mas seus supostos deveres eram sempre lembrados?***

Exatamente. Para apreender essa realidade, parti da teoria tridimensional do direito, desenvolvida por Miguel Reale [1910-2006], que é crítica ao positivismo jurídico e diz que o direito não é apenas a norma positiva, mas a integração dialética de fato, valor e norma. De acordo com essa teoria, a norma jurídica é o resultado da tensão que existe entre fato e valor. Muitas vezes, dessa tensão origina-se uma nova norma, ou uma norma que vem revogar outra, que perdeu sua razão de ser em relação a valores que vão surgindo e a partir de novas relações fáticas. Essa teoria me permitiu identificar que a definição da condição da mulher, como hierarquicamente inferior, resulta de um conjunto de circunstâncias histórico-econômico-sociais.

***Você parece muito confortável em se declarar feminista. É isso mesmo?***

Iniciei meu ativismo logo depois da defesa da tese. Sou uma das fundadoras da Frente de Mulheres Feministas, cuja grande liderança foi Ruth Escobar [1935-2017]. Nunca, em momento algum, deixei de me apresentar como feminista. Inclusive acadêmica feminista. Alda Facio, jurista costa-riquenha, elabora isso muito bem. Nenhuma de nós, que somos acadêmicas feministas, somos puramente teóricas. Ao estudar uma lei ou uma norma, desse ou daquele país, temos um olhar comprometido com a igualdade de direitos entre homens e mulheres.

***Além de filosofia do direito, você também leciona uma disciplina optativa, interdisciplinar, aberta a alunos de todos os cursos, denominada direito, gênero e igualdade. É importante ensinar gênero na universidade?***

Mais do que nunca. Há algum tempo já está claro que o conceito de gênero constitui importante instrumental analítico para melhor compreender a situação de inferioridade da mulher. O curso utiliza a mesma estrutura do verbete sobre direito e gênero que escrevi para a *Enciclopédia jurídica* da PUC, digital. Tratamos da origem do conceito de gênero, das três ondas do feminismo, da interseção de gênero com outros marcadores sociais da diferença e da desigualdade como classe, raça e etnia, por exemplo, e da práxis contemporânea. Porque o conceito de gênero é dinâmico e está em constante reconstrução. No curso tam-



**Nunca, em momento algum, deixei de me apresentar como feminista. Inclusive acadêmica feminista**

bém trabalhamos a relação entre gênero e direito, no âmbito nacional e internacional. Nesse sentido, minha passagem pela ONU foi muito estratégica. Aliás, a ideia da disciplina surgiu porque estive 12 anos no Comitê sobre a Eliminação da Discriminação contra a Mulher, o Cedaw.

***Foram três mandatos de quatro anos no Comitê Cedaw. Como foi a sua eleição?***

Em 2005, o meu nome foi levado pelo movimento de mulheres ao Ministério das Relações Exteriores. O governo brasileiro se comprometeu e me indicou como candidata. Fui três vezes a Nova York para conversar com os representantes dos estados-parte da Convenção Cedaw. Tenho muita facilidade em línguas, mas o que encantou meus interlocutores, soube depois, foi minha militância em prol dos direitos da mulher no Brasil.

***Sua participação na Assembleia Constituinte, por exemplo?***

Os grandes marcos da minha trajetória, que contaram para que fosse eleita, foram a participação na modificação do Código Civil e na Constituinte. Desde

1980 eu trabalhava, com minha amiga jurista feminista Florisa Verucci [1934-2000], na elaboração de uma proposta de alteração do código de 1916. Nosso Código Civil era quase uma estampa do Código Civil francês, napoleônico, de 1805. Dois artigos eram particularmente problemáticos. O 233, que tratava dos direitos e deveres do marido, da chefia da sociedade conjugal, o que incluía o direito de autorizar a profissão da mulher, e o artigo 380, que estabelecia que durante o casamento o marido, como chefe da família, exercia o pátrio poder. Ou seja, em qualquer situação na vida dos filhos, a última palavra era do pai. Nossa proposta, de um novo Estatuto Civil da Mulher, foi entregue no Congresso Nacional em 1981.

***Vocês estavam otimistas em relação à apreciação da proposta?***

A proposta não foi votada imediatamente, mas acabou se transformando em pelo menos 10 projetos de lei, apensados ao projeto do novo Código Civil, que tramitava desde 1975 e foi aprovado em 2002. No código atualmente vigente há formulações nossas, literais.

***E na Constituinte, como foi sua atuação?***

A partir de 1986, muitas mulheres se reuniram sob a coordenação da socióloga Jacqueline Pitanguy, então presidente do Conselho Nacional dos Direitos da Mulher. Éramos pouquíssimas advogadas. Viajamos por todo o país, buscando ouvir mulheres de todas as regiões. Muitas diziam: “Vocês são advogadas, vocês é que sabem como fazer”. Replícávamos: “Vamos dar a forma, quem vai dar o conteúdo são vocês”. As mulheres falavam muito de educação, saúde, das dificuldades envolvendo a titularidade das próprias terras. Para dar forma a isso, solicitei a outra amiga, Sylma Correa, que pesquisasse constituições de outros países, em busca de artigos que indicassem avanços para as mulheres.

***Você estava em busca de inspiração?***

Sim, queria exemplos para basear nossa discussão. Ela conseguiu, em vários consulados, quase duas dezenas de constituições. Eram da Alemanha, Angola, Argentina, Bulgária, Canadá, China, Cuba. Fiz uma espécie de estudo comparado com um recorte peculiar, que acabou se transformando no livrinho *A mulher e a*

*Constituinte: Uma contribuição ao debate*, simplesmente porque foram os textos que rapidamente pudemos ter acesso. Na Constituinte insistimos na igualdade entre homem e mulher. Meus colegas da PUC, que estavam acompanhando o processo constituinte, me criticavam por querer repetir, no artigo 226, que trata da família, noção já explicitada no artigo 5. Diziam que eu não parecia uma jurista. Ora, a Constituição não é um documento apenas jurídico. É um documento político e jurídico. E meus estudos já mostravam a grande discriminação em relação à mulher, no núcleo familiar. Foi assim que incluímos o parágrafo 5º, estabelecendo que “os direitos e deveres referentes à sociedade conjugal são exercidos igualmente entre o homem e a mulher”. E incluímos também o parágrafo 8º, indicando que cabe ao Estado coibir a violência doméstica e familiar.

***Você também participou da elaboração da Lei Maria da Penha. Como foi esse processo?***

É importante traduzir o quanto esses avanços na legislação do nosso país advêm do movimento de mulheres. Durante meus 12 anos na ONU tive a oportunidade de conhecer distintos movimentos de mulheres. O movimento da América Latina e o brasileiro, em particular, são exemplares. Souberam aliar a necessidade de modificar as leis, mas também as mentalidades, por meio de grupos de atendimento e de formadoras de opinião. A Lei Maria da Penha surgiu a partir da liderança da Leila Linhares Barsted, que durante mais de um ano reuniu sete organizações não governamentais [ONGs], no Rio. Era um consórcio de ONGs e eu representava o Comitê Latino-americano e do Caribe para a Defesa dos Direitos da Mulher, o Cladem. Trabalhamos inspiradas na Convenção Interamericana para Prevenir, Punir e Erradicar a Violência contra a Mulher, de 1994, e na Convenção sobre a Eliminação de todas as Formas de Discriminação contra a Mulher. Esta convenção é de 1979, mas no momento de sua aprovação não havia condições para que os avanços propostos fossem inseridos na legislação. A esse respeito, aliás, a normativa internacional não deixa dúvidas: a superação da violência só vai se dar quando lidarmos com a vio-



**Em um país tão desigual quanto o Brasil, não é preciso ir à ONU para constatar a diversidade e as dificuldades das mulheres**

lência na perspectiva de gênero, como violência que é estrutural e estruturante, em sociedades desiguais e patriarcais. Combater a violência contra a mulher é lutar pela sua inserção em uma sociedade democrática. É empoderar a mulher.

***Nesse sentido, como pensar o feminicídio?***

A partir das relações afetivas, por exemplo. Todos nós sabemos como pode ser duro um rompimento afetivo. Será que nós, mulheres, não experimentamos sofrimento muito forte nessas ocasiões? Claro que sim. O sofrimento é inerente ao ser humano. Por outro lado, em termos morais, os homens não são piores do que as mulheres. Mas estão inseridos na sociedade que os educou e muitos se dão ao direito de espancar e matar mulheres. Por quê? Só encontramos uma razão: eles estão imbuídos do que lhes é permitido. No direito romano o poder do *pater familias* [pai de família] é *vitae necisque potestas*, ou seja, poder de vida e de morte. Naturalmente não foi o direito romano que inventou a violência contra a mulher. A humanidade foi construindo historicamente essa violência.

***Como o conhecimento científico pode ajudar a romper ciclos de violência, como a doméstica?***

A empreitada é multidisciplinar e vai além da criminologia. Demanda esforços de distintas áreas. A lei pode colaborar, mas para garantir os direitos das mulheres são necessárias, mais do que tudo, políticas públicas embasadas em um conjunto normativo preventivo, protetivo, punitivo e reparativo, como a Lei Maria Penha. É muito importante termos políticos com formação suficiente para entender que a mulher não é diferente do homem só porque biologicamente nasce com características diferenciadas, mas porque vivemos em uma sociedade em que há papéis tradicionalmente designados à mulher e papéis tradicionalmente designados aos homens. É aí que entra a noção de gênero e todo o conhecimento acumulado sobre o tema, com as contribuições de Simone de Beauvoir [1908-1986], Kate Millett [1934-2017], Gayle Rubin, Joan Scott, Judith Butler, Heleith Saffioti [1934-2010], Lourdes Bandeira, Lia Zanotta Machado, dentre outras. E é esse instrumental teórico que nos permite tirar o tema da violência contra a mulher da esfera individual, para realmente entender o lugar que a mulher ocupa na sociedade, que é estruturada por classe, raça, gênero. Sem considerar isso, é impossível um tratamento efetivo em termos de políticas públicas.

***O sistema ONU tem desempenhado papel relevante nessa construção. Em 2015, durante sua gestão no Cedaw, outro passo importante foi dado com a aprovação da Recomendação Geral 33. Como isso foi possível?***

Só me candidatei ao terceiro mandato no Comitê Cedaw porque estava comprometida com a ideia de que era importante realizar uma recomendação geral, portanto a todos os estados-membros do sistema, sobre o acesso da mulher à Justiça. Sigo convencida de que não bastam direitos substantivos, nas constituições e na legislação infraconstitucional. É inegável que, mundo afora, houve realmente um avanço formal muito grande. Mas isso não é suficiente. Mesmo que se tenha uma legislação constitucional e infraconstitucional garantidoras e reforçadoras da igualdade de gênero, não temos sistemas de Justiça acessíveis à



Silvia Pimentel e demais integrantes de comitê internacional, durante reunião de avaliação de relatório da República da China, em Taiwan, 2018

população. E esse é um dos grandes problemas do direito, para quem não vê o direito apenas como um conjunto formal de leis, mas como um sistema vivo, servindo efetivamente à própria sociedade. A Recomendação Geral 33, que conseguimos aprovar, trata da importância das autoridades e dos sistemas de Justiça levarem em consideração quão diferente é a inserção da mulher na sociedade, se comparada à do homem. Ao chamar a atenção para o cumprimento da normativa sobre o tema, a recomendação aborda os componentes essenciais ao acesso à Justiça, além de destacar a necessidade de informar a população sobre os direitos das mulheres e a urgência em promover a perspectiva de gênero entre os operadores do direito.

### **Sua trajetória profissional evidencia grande capacidade de dialogar com outras áreas do conhecimento.**

Não dá para trabalhar o direito da mulher apenas juridicamente. Os estudos de gênero trabalham o pensamento de Claude Lévis-Strauss [1908-2009] e passam muito por Michel Foucault [1926-1984]. Porque é preciso efetivamente entender quem é o sujeito mulher e como se insere na sociedade. Os estudos interdisciplinares serviram para ampliar, no movimento feminista, a noção de que não se trata de um conceito universal e abstrato de mulher, e sim de mulheres em sua concretude e diversidade.

### **São as mulheres.**

Sim, no plural. Isso é uma construção do próprio movimento. Em um país tão desigual quanto o Brasil, não é preciso ir à ONU para constatar a diversidade e as dificuldades das mulheres. Na reflexão acadêmica, hoje incluímos mulheres que não nasceram biologicamente mulheres e todas aquelas que não vivem o que chamamos de heterossexualidade imposta. Nos nossos cursos, trabalhamos a questão LGBTI, usamos a teoria *queer*, que trata da construção e da fluidez de papéis e comportamentos. Ao trabalhar com esse instrumental, colaboro também com um princípio maior, que me é muito caro, que é o da inclusão social. Grande parte das mulheres brasileiras é negra e advém de camadas desfavorecidas economicamente. Impossível ignorar esses dois grandes vetores sociais, que chamamos de marcadores sociais. Não dá para estudar a temática feminina sem necessariamente buscar essa perspectiva interdisciplinar e interseccional.

### **Na década de 1990, você desenvolveu pesquisa intitulada “A figura/personagem mulher em processos de família”. Qual foi o principal achado?**

Junto com Beatriz Di Giorgi e Flávia Piovesan, constatamos a presença muito forte dos estereótipos e preconceitos em relação a nós, mulheres, pelos operadores do direito. Os estereótipos e preconceitos de gênero existem uni-

versalmente, estão presentes em todas as culturas, profundamente inculcados. São, portanto, absorvidos pelos operadores e refletidos em sua prática jurídica. Alguns anos depois desenvolvi, com Ana Lúcia Schritzmeyer e Valéria Pandjarian, reflexão mais alentada, no livro *Estupro: Crime ou “cortesia”? Abordagem sociojurídica de gênero*.

### **A ambiguidade sugerida no título desse livro é muito forte.**

O título foi extraído dos autos de um processo de violência sexual. Um estudante de direito me trouxe um recorte de jornal com a manifestação de um procurador do Ministério Público do Rio de Janeiro. Ele sustentava que o réu não deveria ser considerado culpado porque a vítima, uma menina de 13 anos, o assediou até o fim. Dizia textualmente: “Será justo, então, o réu Fernando Cortez, primário, trabalhador, sofrer pena enorme e ter a vida estragada por causa de um fato sem consequências, oriundo de uma falsa virgemo? Afinal de contas, esta vítima, amorosa com outros rapazes, vai continuar a sê-lo. Com Cortez, assediou-o até se entregar (fls.) e o que, em retribuição lhe fez Cortez, uma cortesia...” Nos casos de violência sexual ainda hoje prevalece a máxima *in dubio pro stereotipo*.

### **Você conseguiu algo que muitos pesquisadores apenas almejam: utilizar o conhecimento científico para transformar a realidade. Como se sente?**

A meses de completar 80 anos, a idade grande me permite, felizmente, sentir alegria por ter feito algo em termos de justiça. Sinto-me privilegiada. Ao mesmo tempo tenho clareza de que não foi tanto. Porque muito mais é preciso ainda ser feito, para que as mulheres conquistem efetivamente uma situação de igualdade. Tenho ouvido jovens da área do direito dizer que se consideram juristas feministas inspiradas no meu trabalho. Interessante como minha produção não reverberou tanto nos anos 1970 e 1980, mas hoje parece estimular a nova geração. Sigo encantada pelo meu tema. ■



Esta é a segunda reportagem de uma série sobre os 30 anos da autonomia financeira das universidades estaduais paulistas

## Ferramentas para

# PLANEJAR

# O FUTURO

Estabilidade no financiamento das universidades paulistas gerou aprendizado contínuo sobre a gestão de recursos

**Fabrcio Marques**

**A** autonomia financeira conquistada em 1989 obrigou as universidades estaduais paulistas a buscar soluções próprias para a gestão de recursos, mas garantiu liberdade para que propusessem abordagens inovadoras. Os primeiros anos de autonomia foram tumultuados: a situação econômica do país, com surtos inflacionários e oscilações bruscas nas taxas de crescimento, gerou instabilidade nos repasses do percentual de arrecadação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) determinados pelo decreto assinado pelo governador Orestes Quércia em fevereiro de 1989.

Reitor da Universidade de São Paulo (USP) entre 1990 e 1993, o engenheiro Roberto Leal Lobo recorda-se de dificuldades para manter a pontualidade do pagamento de salários. “Em várias ocasiões, o Tesouro não conseguiu fazer o repasse combinado e transferia apenas o necessário para não atrasar salários, acertando a diferença posteriormente”, recorda-se Lobo. Por diversas vezes, a USP teve de recorrer a empréstimos-ponte na Caixa Econômica Estadual ou no Banco do Estado de São Paulo (Banespa) para honrar a folha de pagamentos – as instituições financeiras adiantavam o dinheiro contando que o repasse entraria em seguida. Joaquim J. de Camargo Engler, professor da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) que era o coordenador de administração geral da USP na gestão de Lobo, conta

# 9,57%

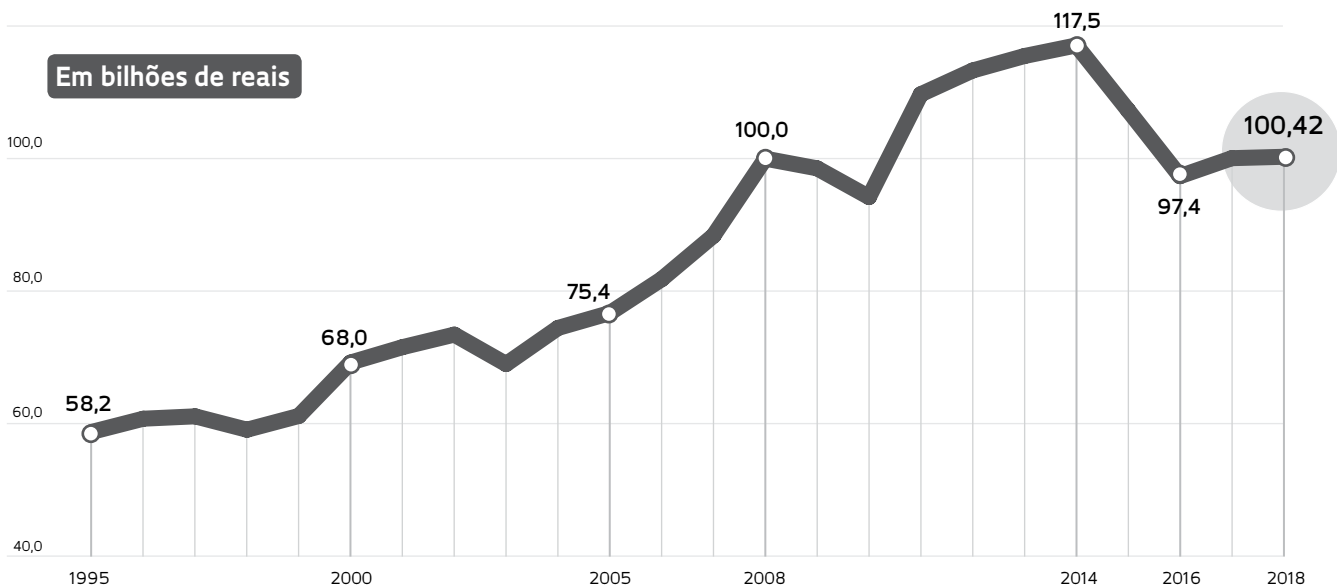
é o percentual do ICMS arrecadado em São Paulo destinado às três universidades estaduais paulistas

2,3447%  
Unesp  
2,1958%  
Unicamp  
5,0295%  
USP



# Evolução do ICMS e gastos das universidades

Arrecadação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços no estado de São Paulo\*



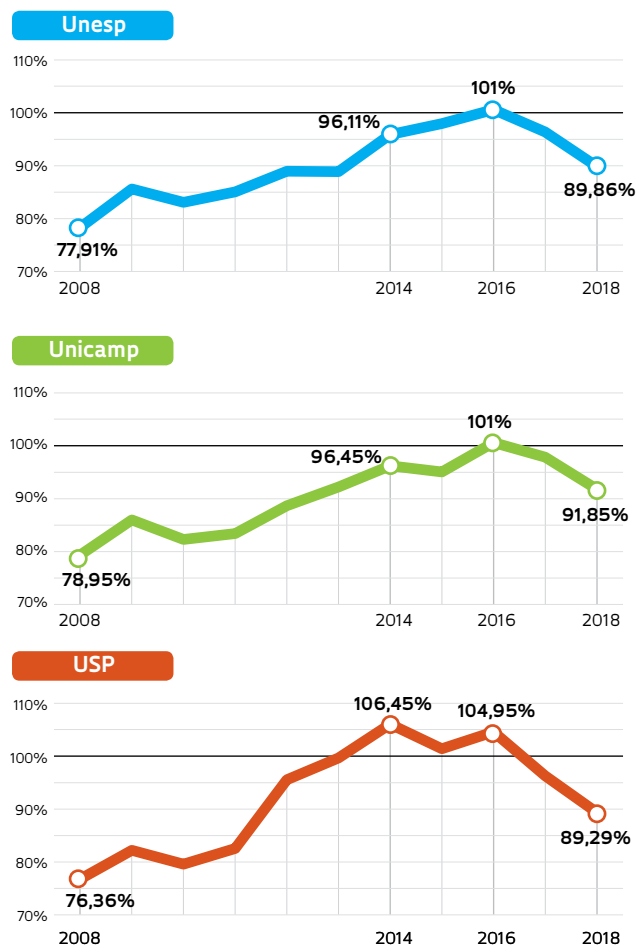
FONTE IGP-M-FGV \* VALORES ATUALIZADOS PARA DEZEMBRO DE 2018

que se responsabilizava pessoalmente pela devolução dos empréstimos à Caixa Econômica Estadual.

A USP ganhou um alívio quando o então governador Luiz Antonio Fleury Filho aceitou honrar as parcelas de um empréstimo de US\$ 165 milhões concedido no fim dos anos 1980 à universidade pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), utilizado em programas de pesquisa, compra de equipamentos e construção de prédios.

Nessa época, também surgiram inovações para racionalizar gastos. A principal delas, lembra o reitor Lobo, foi a criação de uma “moeda” dentro da USP, baseada nas frações do percentual do ICMS destinadas a cada unidade em anos anteriores. “Como a inflação era alta, não se falava em dinheiro: cada diretor, então, trabalhava com sua fração do ICMS. Criamos um sistema por meio do qual, se os recursos não fossem gastos em um mês, o diretor mantinha um crédito vinculado à sua fração e poderia requerer o dinheiro em valores atualizados quando precisasse.” Essa medida, segundo Lobo, teve um efeito notável no planejamento. “Havia o costume de gastar o dinheiro rapidamente antes que perdesse valor ou por receio de que fosse cortado. Com essa ‘moeda’, os diretores puderam poupar para investir na compra de equipamentos de que precisavam, tendo a garantia de que os recursos estavam preservados. E isso ajudou a reitoria a organizar suas contas, aplicando o dinheiro que sobrava e recebendo taxas melhores do que as da inflação.”

O peso da folha de pagamento em relação aos repasses feitos pelo Tesouro paulista – em %



FONTE CRUESP

# O teto e a competitividade dos salários

A autonomia permitiu que as universidades estaduais paulistas adotassem políticas de recursos humanos distintas das vigentes no funcionalismo público. Um exemplo aconteceu no início dos anos 1990, quando o Conselho Universitário da USP aprovou a contratação de professores estrangeiros, embora a Constituição só permitisse que brasileiros natos ou naturalizados ocupassem cargos públicos. O caso foi levado ao Supremo Tribunal Federal e a conclusão dos magistrados foi que a autonomia permitia tais contratações. “Hoje, qualquer professor estrangeiro pode prestar concurso nas universidades públicas, e não só na USP”, afirma o físico José Roberto Drugowich.

Mas existem amarras que a autonomia não tem força para desatar. Se as universidades puderam criar planos de carreira próprios, tiveram de respeitar um teto salarial para os docentes, que não pode exceder os R\$ 22,3 mil de vencimentos do governador do estado. Um dos problemas do teto paulista é que o salário do chefe do Executivo teve reajustes abaixo da inflação nos últimos 10 anos, achatando os ganhos dos professores no topo de carreira. Outro problema é que os salários das universidades estaduais se tornaram menos competitivos do que os das universidades federais, cujo teto é atrelado aos vencimentos dos ministros do Supremo Tribunal Federal, atualmente de R\$ 39,2 mil mensais.

Para Elizabeth Balbachevsky, professora do Departamento de Ciência Política da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP e estudiosa da profissão acadêmica, o descompasso dos tetos salariais não chega a ter impacto na atração de talentos para os quadros das universidades paulistas. “Quem quer fazer carreira na USP, na Unicamp e na Unesp em geral não está preocupado só com a questão salarial. São docentes interessados em fazer pesquisa e São Paulo oferece a eles condições muito mais robustas do que em outros estados, graças à presença da FAPESP”, ela explica.

Balbachevsky enxerga, contudo, outros efeitos deletérios. Com a progressão na carreira por meio de concursos, os docentes mais experientes atingem o teto salarial e não se interessam em assumir cargos de chefia pelos quais não podem ser remunerados. “Isso não é bom para a universidade”, diz. “Com frequência a chefia de departamento é ocupada por docentes jovens, que não têm ainda a liderança indispensável para dar impulso à vida acadêmica.”

O panorama melhorou quando o percentual do ICMS, inicialmente fixado em 8,4%, foi elevado para 9% em 1992 e 9,57 em 1995. As universidades também criaram estratégias para lidar com oscilações da arrecadação. Em meados dos anos 1990, a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) desenvolveu um sistema para gestão dos recursos, reavaliando seu orçamento a cada três meses e criando medidas de contenção de gastos caso houvesse redução de repasses.

Os repasses do ICMS são a principal fonte de investimentos nas universidades paulistas, mas não a única. As instituições também incorporam recursos de agências de fomento à pesquisa, de convênios com empresas e instituições públicas ou provenientes de prestação de serviços, entre outros. A Unicamp, por exemplo, recebeu do Tesouro Estadual repasses de R\$ 2,268 bilhões em 2018, mas também arrecadou R\$ 728 milhões de outras fontes e investiu R\$ 75 milhões de receitas próprias. No rol de recursos extras, R\$ 220 milhões vieram do Sistema Único de Saúde, para custear o atendimento à população da região de Campinas no Hospital de Clínicas da universidade. Projetos e bolsas financiados por agências federais e estadual resultaram em uma liberação de recursos da ordem de R\$ 333,4 milhões em 2018.

Entre 1995 e 2002, a arrecadação do ICMS girou entre 60 e 70 bilhões, em valores atualizados. Mas após 2003, acompanhando o crescimento da economia, o volume de recursos cresceu de forma consistente por 10 anos consecutivos – em 2014, a arrecadação bateu em R\$ 117,5 bilhões. O aumento permitiu que as universidades ampliassem suas atividades. A USP criou um *campus* na Zona Leste de São Paulo em 2005 e incorporou a Escola de Engenharia de Lorena no ano seguinte. Em 2008, a Unicamp inaugurou um *campus* em Limeira, enquanto a Universidade Estadual Paulista (Unesp) passou a estar presente em 24 cidades, criando unidades experimentais em municípios como Registro, Itapeva, São João da Boa Vista, Ourinhos e Rosana.

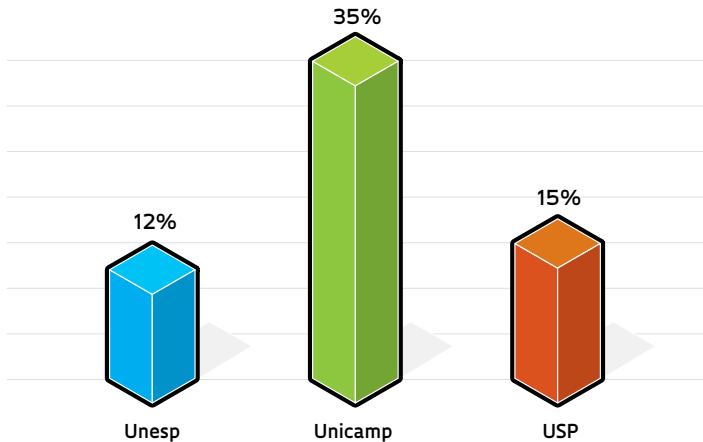
A disponibilidade de recursos também permitiu a formação de reservas para equilibrar as contas em fases em que as transferências perdessem fôlego. Com o crescimento robusto da arrecadação e uma política criteriosa de gastos, o comprometimento do orçamento das universidades com folha de pagamento tornou-se um dos mais baixos da história. Em 2008, chegou a 77,3% na média das três instituições, o patamar mais baixo desde 1989, quando registrou 73,3%. A USP, à época dirigida pela reitora Suely Vilela, conseguiu reduzir o peso da folha de 84% dos repasses em 2007 para 76% no ano seguinte.

Nessa época, disseminou-se a percepção de que esse círculo virtuoso teria vida longa – e aumen-



# Recursos além do ICMS

Receitas das universidades provenientes de outras fontes que não os repasses do Tesouro Estadual em 2018 – em %



FONTE USP, UNICAMP E UNESP

tou a pressão para que o dinheiro poupado fosse destinado a investimentos. Em 2013, o governador de São Paulo, Geraldo Alckmin, sugeriu que as universidades usassem as reservas, que somavam R\$ 6 bilhões à época, para gerar mais resultados.

Foram adotadas políticas de expansão de gastos, que não se limitaram a investimentos, mas também a despesas permanentes. Uma tese de doutorado defendida em 2016 por Alexandre Hideo Sasaki, da Faculdade de Economia e Administração da USP, debruçou-se sobre as políticas empregadas pela USP entre 2010 e 2013, durante a gestão do reitor João Grandino Rodas. Sasaki concluiu que a deterioração financeira observada no período, que levou a universidade a comprometer todo o repasse do Tesouro com a folha de pagamento, foi motivada pela criação de novos planos de carreira de servidores e pelo aumento da base de beneficiários de auxílio-alimentação, vale-refeição, entre outros. “O desequilíbrio foi causado pela implantação combinada das ampliações de gastos em curto período de tempo, sem a devida avaliação dos impactos cruzados das decisões e sem os devidos estudos dos efeitos financeiros a médio e longo prazos”, observou Sasaki na tese.

O comportamento da USP teve reflexo nas outras universidades estaduais. “Elas enfrentaram pressões corporativas para aumentos de gastos nas discussões do Cruesp [Conselho de Reitores das Universidades Estaduais Paulistas] e acabaram cedendo a eles”, observa o físico José Roberto Drugowich, professor da USP e coautor do livro *Os desafios da autonomia universitária* (Paco Editora, 2018), em parceria com Paulo Muzy.

A retração da economia e a queda brusca da arrecadação em 2015 produziram a maior crise financeira dos 30 anos de autonomia, obrigan-

do as universidades a usar suas reservas. A USP promoveu dois planos de demissão voluntária para reduzir as despesas com funcionários, enquanto a Unicamp e a Unesp congelaram investimentos e adotaram políticas de contenção de gastos. A Unesp enfrenta dificuldades de caixa: houve atrasos no pagamento do 13º salário de professores e servidores em 2017 e 2018. Um ponto vulnerável da Unicamp e da Unesp é o crescimento dos gastos com servidores inativos. Quando a autonomia foi conquistada, em 1989, as duas universidades haviam sido criadas menos de 25 anos antes e o comprometimento dos gastos com inativos era inferior a 5% da folha – hoje o percentual de ambas supera os 30% e continua crescendo. “Em 2018, gastamos cerca de R\$ 700 milhões para cobrir o rombo da folha de inativos e isso está ficando extremamente pesado para a universidade sustentar dentro de seu orçamento”, afirmou o reitor da Unesp, Sandro Valentini.

O atual reitor da Unicamp, Marcelo Knobel, afirma que a autonomia foi crucial para que as universidades encontrassem saídas para os problemas de governança (*ver Pesquisa FAPESP n.º 279*). “Houve decisões que colocaram em risco as finanças das universidades e o resultado foi uma crise complexa, que tivemos de resolver”, disse. “Mesmo em crises, a autonomia mostrou que é possível superar momentos difíceis com discussões internas, planejamento e transparência sobre o que acontece aqui dentro.” No caso da USP, uma resolução aprovada pelo Conselho Universitário, na gestão do reitor Marco Antonio Zago, lançou as bases para que o descontrole não se repita: quando os gastos com pessoal excederem 80% dos repasses do ICMS, a universidade suspenderá aumentos reais de salário, criação de cargos e autorizações para horas extras, e quando passarem de 85%, o desequilíbrio terá de ser revertido nos dois semestres seguintes.

Para Roberto Leal Lobo, os resultados positivos da autonomia das universidades estaduais paulistas superaram largamente os percalços enfrentados: “Produzimos uma quantidade muito maior de teses e artigos e reduzimos o número de docentes e servidores. Quem propiciou esse salto de qualidade foi a autonomia.” De acordo com Lobo, um aspecto mal colocado da autonomia envolve a relação entre as universidades e o governo. “Quando eu era reitor, sugeri ao governador Fleury que criasse um plano de metas mostrando que resultados a sociedade esperava das universidades em tempos de autonomia. Cheguei a enviar a ele um rascunho com ideias, mas não houve interesse em levar adiante”, conta. “É equivocado imaginar que as universidades são capazes de responder a todos os anseios da sociedade sem que haja uma baliza para isso.” ■

# Vida nova para o MUSEU DO IPIRANGA

Com apoio de empresas públicas e privadas, obras de restauro e modernização do edifício-monumento começam em setembro

Rodrigo de Oliveira Andrade

**D**evem começar em setembro as obras de revitalização e modernização do Museu Paulista, também conhecido como Museu do Ipiranga, instituição centenária ligada à Universidade de São Paulo (USP). Em evento no Palácio dos Bandeirantes no dia 17 de maio, o governo estadual anunciou as 13 empresas que irão financiar as obras. O investimento é o resultado de um esforço iniciado em 2017 pela USP e pelo próprio governo para captar recursos com a sociedade civil e o setor privado. A iniciativa já alcançou R\$ 160 milhões em doações. Entre as empresas que irão colaborar para o financiamento do novo museu estão a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), o Instituto Itaú Cultural e os bancos do Brasil, Safra, Bradesco, entre outros. “Esse é o maior volume de incentivo feito na história da cultura brasileira”, destaca Antônio Lessa, coordenador de Museus e Relações Institucionais da Secretaria Estadual de Cultura e Economia Criativa. “Estamos agora trabalhando na revisão do projeto executivo e na preparação do edital para a seleção da construtora responsável pela execução das obras”, diz o engenheiro civil Vahan Agopyan, reitor da USP.





O projeto de reforma do museu (ao lado) prevê um novo subsolo com entrada pelo Parque da Independência (acima)

FOTOS 1 MUSEU PAULISTA 2 LÉO RAMOS CHAVES

O anúncio da empresa vencedora da licitação será feito no dia 7 de setembro, em evento promovido pela USP e pelo Sesc Ipiranga no Parque da Independência. “A ideia é que as obras comecem ainda em setembro e que sejam concluídas em meados de 2022, pouco antes do início das comemorações do bicentenário da Independência do Brasil”, diz Lessa.

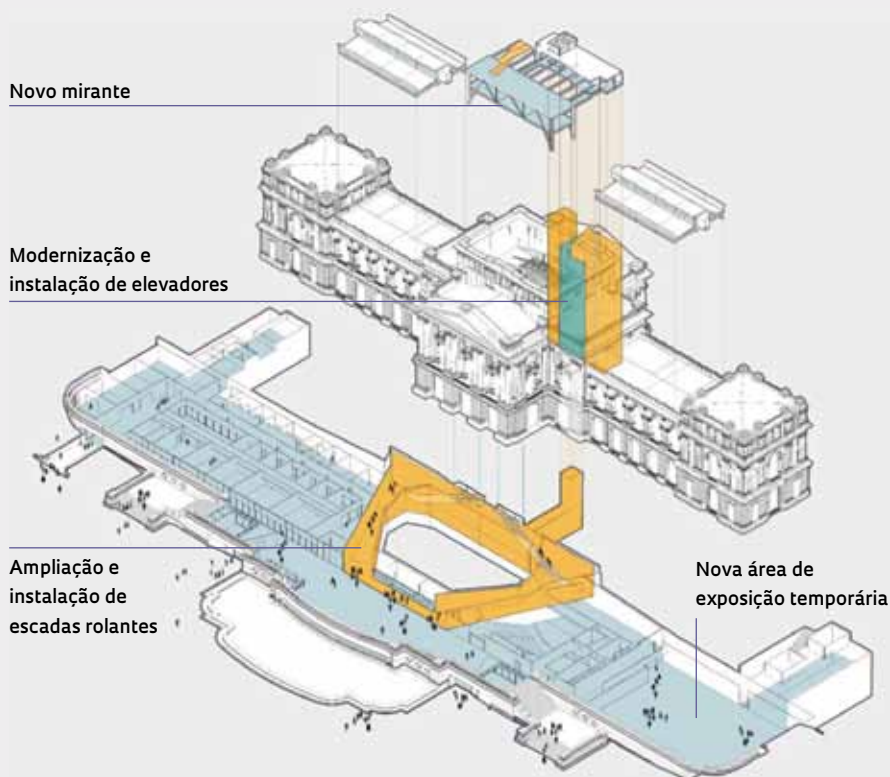
A participação das empresas no financiamento do projeto se deu por meio de cotas, cujos valores variam entre R\$ 1,2 milhão e R\$ 12 milhões. Em contrapartida ao investimento, a USP vai lançar estratégias de promoção e divulgação das marcas patrocinadoras, associando-as à iniciativa de restauração e modernização da instituição. “O acordo também prevê outras ações de marketing, que irão depender do tipo de cota adquirida por

cada empresa”, esclarece Lessa. A EDP Brasil, braço da Energias de Portugal, gigante lusitana do setor elétrico, foi a primeira a aderir como patrocinadora em janeiro deste ano. A empresa irá aportar R\$ 12 milhões até 2022. Já a Sabesp, além de uma doação de R\$ 12 milhões, garantiu investimento adicional de R\$ 4 milhões para a recuperação do córrego Ipiranga. A expectativa é de que, após as obras, o novo museu receba até 900 mil visitantes em seu primeiro ano de funcionamento e cerca de 1 milhão de pessoas nos anos seguintes.

O Museu Paulista é o mais antigo da cidade de São Paulo e recebia cerca de 350 mil visitantes por ano até 2013, quando foi fechado ao público por problemas causados pela infiltração de água nos forros de algumas salas. Diante do

# Patrimônio ampliado

Projeto de restauração e modernização do museu prevê a construção de quase 6 mil m<sup>2</sup> de áreas novas



A proposta aumentará a esplanada nos jardins do Parque da Independência



Situação atual



Como será após a conclusão do projeto

risco de desabamento, a instituição decidiu suspender a visitação pública e remover quase todo o acervo. “Fizemos o escoramento dos forros das salas mais afetadas para tentar garantir a segurança dos ambientes mais críticos”, conta a historiadora Solange Ferraz de Lima, professora da USP e diretora do Museu Paulista. “Ao mesmo tempo, aceleramos o processo de desenvolvimento do projeto de restauração e modernização do edifício-monumento.” As negociações abriram caminho para a contratação de empresas, no ano seguinte, para avaliar as condições da fachada, ornamentação interna, estrutura e cobertura do edifício. “Esses diagnósticos serviram de base para a elaboração da proposta de restauro.”

Em 2018, a Secretaria de Cultura e Economia Criativa e a USP passaram a trabalhar juntas em iniciativas de arrecadação de doações e no planejamento do projeto de restauração e modernização. Segundo Agopyan, contudo, os esforços de captação só ganharam impulso

no início deste ano, com a mudança na administração estadual. Ele reconhece que o esforço do governo foi essencial na atração das empresas patrocinadoras. “O governador João Doria [PSDB] envolveu-se pessoalmente para conseguir a adesão das empresas”, disse o reitor.

Os investimentos para as obras serão repassados à Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo (Fusp), responsável por intermediar a relação entre os doadores e a USP. Os recursos serão captados por meio de mecanismos de renúncia fiscal, viabilizados pela Lei Federal de Incentivo à Cultura, a Lei Rouanet. O projeto executivo para a reforma do museu foi desenvolvido pela H+F Arquitetos, vencedora do concurso de arquitetura lançado pela Fusp em fins de 2017 para selecionar o projeto de modernização do edifício-monumento.

A proposta vencedora contempla a reforma do prédio e a ampliação da área da esplanada nos jardins do Parque da Independência, assim como a instalação

de sistema contra incêndio e modernização das instalações elétricas e de segurança dentro e no entorno do museu. O projeto também prevê a construção de 6 mil metros quadrados (m<sup>2</sup>) de áreas novas, incluindo um subsolo com entrada pelo Parque da Independência, duas escadas rolantes, um elevador, uma área para exposições temporárias de mil m<sup>2</sup>, salas para ações educativas, lojas, um auditório, um café e um mirante. “A elaboração e conclusão do projeto executivo foi o último ponto de inflexão em nosso planejamento para o início das obras do museu com a segurança necessária para o sucesso de um trabalho desse porte”, diz Solange Lima.

O Museu Paulista foi inaugurado em setembro de 1895, então como Museu de História Natural. O edifício-monumento foi projetado pelo engenheiro e arquiteto italiano Tommaso Bezzi (1844-1915) e construído entre 1885 e 1890 para marcar o lugar da proclamação da Independência, no dia 7 de setembro de 1822. Seus jardins foram encomendados ao belga Arsênio Puttemans, também criador do projeto paisagístico da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) da USP. O museu foi incorporado à universidade em 1963, especializando-se em história da cultura material brasileira e tornando-se um acervo de referência para a pesquisa sobre a sociedade brasileira, sobretudo nos séculos XIX e XX.

### TRANSFERÊNCIA DO ACERVO

“Estamos monitorando o edifício desde que foi fechado”, explica Lima. “Paralelamente, as equipes do museu focaram na transferência de seu patrimônio para imóveis adaptados para funcionar como reservas técnicas e laboratórios.” A mudança do acervo começou em junho de 2017. Sete imóveis foram alugados pela USP no bairro do Ipiranga, zona sul da capital paulista. Em dois passaram a funcionar a administração do museu e as atividades educativas e de extensão; outros cinco foram preparados para receber as 370 mil folhas de documentos textuais e iconográficos e os 30 mil objetos, como moedas, selos, móveis, porcelanas e veículos. Lima explica que a constituição desse acervo se intensificou na década de 1990, quando novos professores e pesquisadores foram integrados à USP. “As pesquisas resultaram na coleta de novos documentos e objetos, que hoje integram o patrimônio do Museu Paulista”, diz.

Os prédios alugados receberam mobiliário apropriado por meio de um projeto de infraestrutura financiado pela FAPESP. “O museu estará completamente vazio até o final de julho”, afirma Lima. Ficarão apenas as obras maiores, como o quadro *Independência ou morte*, de Pedro Américo (1843-1905), e as esculturas em mármore de Raposo Tavares e Fernão Dias, do italiano Luigi Brizzolara (1868-1937), que não foram retiradas do museu por razões logísticas.

Após a conclusão das obras, os itens do acervo só deverão voltar para o prédio do museu para as exposições. “Manteremos o acervo nos imóveis alugados até que



Vista de sala vazia após transferência de quase todo o acervo para prédios alugados

exista um local definitivo para a reserva técnica e os laboratórios”, diz Lima. A meta é a construção de um espaço para armazenamento do acervo próximo ao edifício principal, mas ainda não há um prazo para que esse projeto saia do papel. “Nossa prioridade é a reabertura do edifício histórico”, afirma. A biblioteca e a área de documentação textual e iconográfica continuam abertas para consulta de pesquisadores e para as aulas dos estudantes de graduação, pós-graduação e extensão. “Apesar de estar fechado para visitação, as atividades de ensino e pesquisa nunca foram paralisadas”, destaca o reitor Vahan Agopyan.

Outro desafio que desponta no horizonte da instituição envolve a gestão e a criação de fontes alternativas de recursos para a manutenção das novas instalações. Segundo Agopyan, a USP está estudando com o governo estadual novos modelos para a gestão do museu, hoje sob responsabilidade da universidade. Em outubro

do ano passado, a direção da instituição convidou especialistas de vários países para participar do evento “Desenhando o futuro: Gestão e sustentabilidade em museus”. A ideia era discutir estratégias que ajudassem a garantir a sustentabilidade financeira da instituição após a conclusão das obras (ver Pesquisa FAPESP nº 272). “O evento”, segundo Lima, “serviu para que conhecêssemos experiências internacionais e percebêssemos que bons museus dispõem de múltiplas fontes de recursos”. Eles pretendem fazer uma nova edição do evento em outubro.

“Um museu universitário é muito mais do que um local de exposições e curadoria de mostras do acervo”, destaca Agopyan. “Foram anos de trabalho antes de iniciarmos as obras.” Para Lima, o Museu Paulista faz parte da identidade do brasileiro e “está presente no imaginário da população”. ■

### Projetos

1. Seminário internacional desenhando o futuro: Gestão e sustentabilidade nos museus (nº 18/14393-8); Modalidade Auxílio à Pesquisa – Organização de Reunião Científica; Pesquisadora responsável Solange Ferraz de Lima (MP-USP); Investimento R\$ 12.925,56.
2. Cultura material e gestão de acervos (nº 09/54752-8); Modalidade Auxílio à Pesquisa – Programa Infraestrutura – Museus; Pesquisadora responsável Solange Ferraz de Lima (MP-USP); Investimento R\$ 1.604.213,61.

# Miragem no tubo de ensaio

Experiência fracassada de fusão nuclear a frio, realizada há 30 anos, mostrou como descobertas ilusórias acionam os mecanismos de autocorreção da ciência

O Google investiu US\$ 10 milhões nos últimos quatro anos em um esforço de pesquisa realizado por físicos, químicos e engenheiros para responder a uma pergunta pendente há três décadas: é possível fundir núcleos de átomos em temperatura ambiente e gerar energia de forma sustentável a partir dessa reação? A quimera da “fusão nuclear a frio” encarna a promessa de livrar o planeta da dependência dos combustíveis fósseis, mas todas as tentativas de obtê-la até agora fracassaram. Inclusive a do próprio Google, de acordo com um artigo publicado no final de maio na revista *Nature* pela equipe liderada pelo químico canadense Curtis Berlinguette, da Universidade da Columbia Britânica, em Vancouver, Canadá, e o engenheiro Matthew Trevisick, do Google Research, nos Estados Unidos.

O grupo empenhou-se em obter a fusão a frio seguindo três metodologias diferentes propostas em experiências

realizadas nos anos 1980 e 1990. Em nenhuma delas foi observado qualquer sinal concreto de fusão. Mas o esforço não foi considerado perdido. Durante as tentativas, os pesquisadores precisaram projetar novos instrumentos e estudar novos materiais, que prometem ser úteis em outros experimentos. “Avaliar a fusão a frio levou nosso programa a estudar materiais e fenômenos que provavelmente não teríamos avaliado de outra maneira. Geramos benefícios inesperados para tópicos contemporâneos de pesquisa”, escreveram os autores do artigo. Segundo disse Trevisick à *Nature*, o programa desenvolveu “os melhores calorímetros do mundo” a fim de tentar detectar sutis gerações de calor nos experimentos que sugerissem a ocorrência de fusão nuclear. Técnicas desenvolvidas para carregar eletricamente o metal paládio de forma a atrair núcleos de hidrogênio pesado – um dos métodos testados – também poderão ser utilizadas para aumentar a capacidade



Blondlot (acima) anunciou a descoberta dos raios-N e Schiaparelli (à esq.) enxergou canais em Marte: erros e interpretações fantasiosas



Pons (à esq.) e Fleischmann apresentam seu experimento, em março de 1989; a *Time* de 8 de maio (acima) mostrou as dúvidas da comunidade científica

David Rasnick (à dir.) e Peter Duesberg (abaixo) propuseram que o HIV não é o verdadeiro causador da Aids: a hipótese alternativa foi descartada pelos pesquisadores da área



FOTOS 1 ZUMA PRESS, INC. / ALAMY / FOTOARENA 2 REPRODUÇÃO 3 E 4 WIKIMEDIA COMMONS 5 CARO INSTITUTE 6 SUSAN RAGAN / AP PHOTO / GLOW IMAGES

de armazenamento de hidrogênio em células a combustível.

Ao submeter os experimentos a um escrutínio rigoroso, os pesquisadores patrocinados pelo Google também trouxeram essa linha de investigação de volta à avaliação do *mainstream* da ciência, após décadas de descrédito em que a maior parte da comunidade científica considerava a fusão a frio inviável, enquanto alguns pesquisadores seguiram apostando que ela é possível. Um episódio ocorrido há 30 anos explica o purgatório científico em que a fusão a frio andou aprisionada. Em 23 de março de 1989, dois eletroquímicos, o checo Martin Fleischmann, da Universidade de Southampton, na Inglaterra, e o norte-americano Stanley Pons, da Universidade de Utah, Estados Unidos, anunciaram o sucesso de um experimento gerador de energia térmica a partir da fusão de átomos de hidrogênio pesado – o deutério – em um prosaico experimento de eletrólise. Uma corrente elétrica produzida por dois eletrodos,

um de platina e um de paládio, atraiu o deutério para o paládio. Em seguida, foi detectada a presença de nêutrons e houve um aquecimento do recipiente em que os eletrodos estavam mergulhados. Para a dupla, a reação só poderia ser explicada pela compressão dos átomos do deutério agregados ao paládio e sua consequente fusão em temperatura ambiente.

Fleischmann era um pesquisador respeitado, que havia presidido a Sociedade Internacional de Eletroquímica, além de fazer parte da Royal Society, a academia britânica de ciências, e isso deu credibilidade ao anúncio. Mas a forma como a descoberta se tornou pública atropelou as melhores práticas científicas. Havia um outro grupo trabalhando com fusão a frio, liderado por Steven Jones, da Brigham Young University, também em Utah, e as duas equipes combinaram de divulgar juntas os seus achados, submetendo-os à *Nature*. Mas Pons e Fleischmann resolveram tomar a dianteira. Retiraram o artigo da *Nature*, que começava a



A construção do Reator Experimental Termonuclear Internacional, em Cadarache, na França, e o tokamak JET, em Culham, Reino Unido (*à dir.*): o desafio é produzir reações contínuas e sustentáveis

avaliar o manuscrito, e optaram por uma revista obscura de eletroquímica, o *Journal of Electroanalytical Chemistry*, que rapidamente aceitou publicar os resultados do experimento. E, antes mesmo da publicação, anunciaram a fusão a frio em uma entrevista para a imprensa. Segundo Fleischmann revelaria anos mais tarde, o açodamento na divulgação foi uma exigência da Universidade de Utah, interessada em patentear e explorar a descoberta.

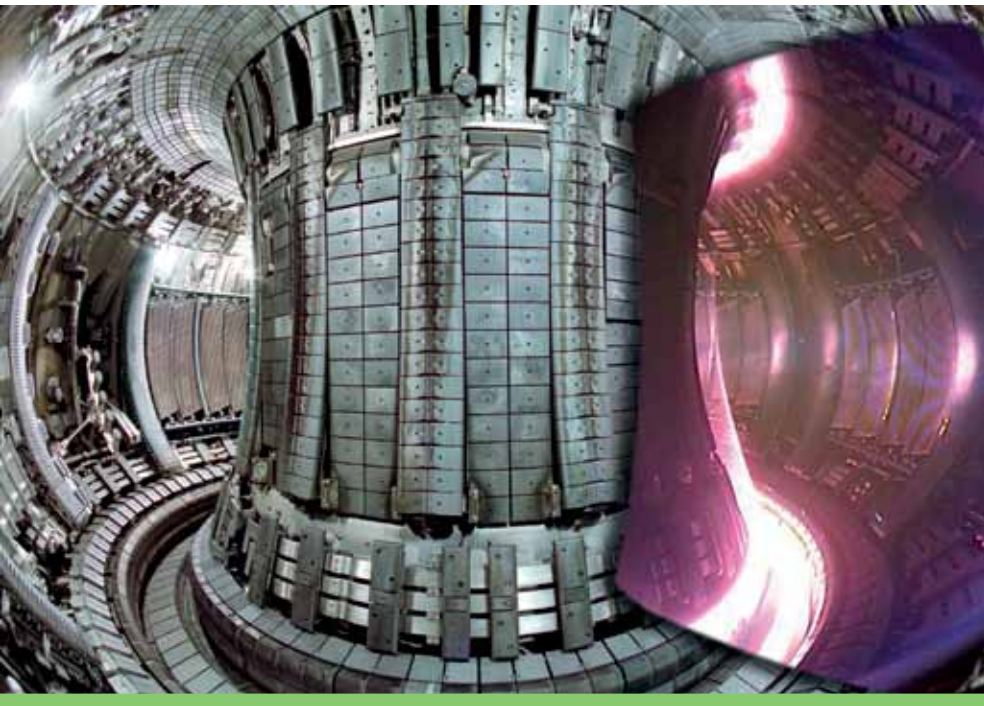
**M**esmo sem ter acesso ao *paper*, pesquisadores do mundo inteiro correram para tentar reproduzir os resultados apresentados na entrevista coletiva. Como se tratava de um experimento muito simples, até alunos do ensino médio tentaram repeti-lo. Alguns poucos observaram alguma produção de calor, mas a maioria não conseguiu registrar nenhum fenômeno – e a dupla passou a ser acusada de fraude e comportamento antiético. Duas semanas mais tarde, quando o artigo enfim foi divulgado, foi classificado como fraco e pouco informativo. A proeza se transformou em um enorme embaraço. Em maio, a fusão a frio foi completamente desacreditada em uma reunião da American Physical Society. Até hoje não se sabe ao certo como a dupla obteve os efeitos descritos – e de onde vinham o calor e

os nêutrons. Mas, diante da impossibilidade de reproduzir os experimentos de forma consistente, o Departamento de Energia dos Estados Unidos determinou, em novembro de 1989, que não se deveria mais investir dinheiro em tentativas de replicar o fenômeno.

Mas isso não teve força para encerrar essa linha de investigação. Uma peculiaridade da fusão a frio é que, embora não tenha sido demonstrada sua viabilidade até agora, não é possível descartar categoricamente que isso possa acontecer um dia. “Ninguém sabe realmente se é possível sustentar uma reação de fusão a baixas temperaturas ou quais podem ser esses limites de temperatura”, escreveu o cientista da computação Steven Salzberg, da Universidade de Maryland, Estados Unidos, em um texto publicado na revista *Forbes*. A fusão nuclear é um fenômeno conhecido: há produção de energia quando dois átomos se combinam para formar um átomo mais pesado. O processo é típico de ambientes astrofísicos de alta energia – e gera menos rejeitos radioativos do que a fissão nuclear produzida nas usinas atômicas. A fusão nuclear acontece no interior das estrelas: no núcleo do Sol, em condições de temperatura e de pressão extremas, há reações de fusão do hidrogênio que dão origem ao hélio, com enorme liberação de energia.

A ciência ainda tenta controlar esse processo. A estratégia que parece mais viável nada tem a ver com os experimentos de eletrólise em temperatura ambiente de Pons e Fleischmann, mas com o aperfeiçoamento de reatores experimentais conhecidos como tokamaks, que confinam isótopos pesados de hidrogênio – o deutério e o trítio – em intensos campos magnéticos, alcançando temperaturas elevadíssimas e provocando reações de fusão. O desafio, nessa linha de pesquisa, é amplificar a eficiência de um tokamak de modo que a quantidade de energia liberada nas reações seja maior que a consumida, o que nenhuma máquina até agora conseguiu. Um consórcio formado por União Europeia, China, Coreia do Sul, Estados Unidos, Índia e Japão está construindo desde 2007 o Reator Experimental Termonuclear Internacional (Iter), em Cadarache, na França, ao custo de € 20 bilhões (*ver Pesquisa FAPESP nº 186*). A primeira operação do Iter está prevista para 2025 e a produção de energia em escala para depois de 2040. Para obter as condições necessárias para a fusão nuclear, o reator vai aquecer o hidrogênio a 150 mil graus Celsius. “O grande desafio da fusão nuclear é obter uma reação sustentável e contínua”, diz o físico Peter Schulz, da Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).





Pons e Fleischmann seguiram defendendo que tinham descoberto uma forma de produzir energia limpa e abundante. Ao longo da década de 1990, promoveram congressos internacionais sobre fusão a frio, que reuniam algumas centenas de pesquisadores, mas eram vistos como uma excentricidade pelo *mainstream* da comunidade científica. Em 1992, mudaram-se para a França. Foram trabalhar em um laboratório que fechou em 1998 sem obter resultados – o patrocinador, a montadora Toyota, investiu US\$ 15 milhões na empreitada. Pons tornou-se cidadão francês. Fleischmann anunciou aposentadoria em 1995 e voltou ao Reino Unido, onde morreu em 2012.

“A fusão a frio tornou-se uma *fringe science*, ou ciência marginalizada, que não chega a ser pseudociência, mas flerta com ela”, conta Schulz, da Unicamp. “Sem obter respeito ou credibilidade do corpo principal da comunidade científica, a ciência marginalizada é estudada por grupos restritos, mantém-se em comunidades fechadas e tem resultados publicados em revistas de pouca expressão.” Alguns grupos se dedicam até hoje à pesquisa da fusão a frio, mas adotaram novas terminologias, como “reações nucleares de baixa energia” ou “reações nucleares assistidas quimicamente”.

Um outro caso de ciência marginalizada foi a teoria, defendida no final do

## A Toyota investiu US\$ 15 milhões em laboratório de fusão a frio na França, mas fechou-o em 1998, sem obter resultados

século passado, segundo a qual o vírus HIV não causava a Aids. Pesquisadores como o biólogo Peter Duesberg, da Universidade da Califórnia, Berkeley, e o bioquímico David Rasnick sustentavam que a doença era provocada por fatores como a desnutrição e o uso de drogas recreativas. A ideia foi descartada quando surgiram remédios que impediam a replicação do vírus e eliminavam os sintomas da síndrome. Mas, no início dos anos 2000, a hipótese foi ressuscitada pelo governo da África do Sul, que não queria financiar a compra dos medicamentos para portadores do vírus.

Para o químico Philip Ball, ex-editor da revista *Nature*, a fusão a frio é um caso de ciência patológica, um conceito formulado por Irving Langmuir, vencedor do Nobel de Química em 1932, para definir pesquisas cujos autores, sem se afastar do método científico, cometem desvios não intencionais e, por otimismo ou crença exagerados, produzem uma interpretação fantasiosa dos resultados. “O termo foi cunhado nos anos 1950 para descrever uma afirmação surpreendente que conflita com a experiência anterior, é baseada em efeitos difíceis de detectar, que são defendidos contra críticas por argumentos que mudam conforme as circunstâncias”, afirmou Ball em um artigo publicado na *Nature* no mês passado.

Entre os exemplos de ciência patológica mais conhecidos, figuram as descobertas em 1903 dos chamados Raios-N pelo físico francês Prosper-René Blondlot, que continuou a defender a existência do fenômeno mesmo depois de ser descartado pelos pesquisadores da época, e dos canais de Marte, descritos pelo astrônomo italiano Giovanni Schiaparelli em 1877 e apontados no final do século XIX como uma evidência da existência de vida no planeta vermelho, mas que eram ilusão de ótica. Ball diz que o caso da fusão a frio produziu ensinamentos que continuam atuais em um momento em que resultados de pesquisas no campo da psicologia e das ciências sociais estão na berlinda porque não se consegue confirmá-los, e descobertas que desafiam o conhecimento tradicional se baseiam em evidências obtidas no limiar do que instrumentos científicos conseguem detectar. Para ele, é preciso preservar espaço para que pesquisadores busquem abordagens surpreendentes e façam afirmações que soem controversas, da mesma forma que a comunidade científica precisa manter-se unida no espírito de investigação e no esforço contínuo de autocorreção.

“A fusão a frio nos mostrou os perigos da polarização, a influência distorcida dos interesses comerciais e a importância de sermos abertos sobre métodos, dados e erros”, afirmou o químico. “Será que a saga da fusão a frio seria diferente hoje em dia, com as mídias sociais, *fake news* e uma necessidade ainda mais urgente de energia limpa? Provavelmente seria, mas não necessariamente para melhor.” ■ **Fabício Marques**

# Transição sustentável

Para o presidente da Elsevier, o Plano S é viável, mas apenas no longo prazo

VERSÃO ATUALIZADA EM 10/07/2019

**Y**oungsuk Chi, economista nascido na Coreia há 58 anos, preside desde 2011 a Elsevier, a maior editora de revistas científicas do planeta. Responsável pelo relacionamento da empresa com governos e instituições, ele tem se ocupado, desde outubro de 2018, das discussões relacionadas ao Plano S, iniciativa de acesso aberto proposta por 19 agências de apoio à pesquisa de vários países, na maioria europeus, que no mês passado teve sua implementação adiada de 2020 para 2021. Em linhas gerais, o plano estabelece que pesquisas financiadas com recursos públicos deverão ser divulgadas em uma revista científica ou em uma plataforma na internet a que qualquer pessoa tenha acesso sem ter de pagar nada por isso; afetando diretamente os negócios de editoras como a Elsevier, cujos resultados dependem de publicações com diferentes modelos de acesso, inclusive por assinaturas.

Filho de diplomatas, graduado em 1983 pela Universidade de Princeton, Estados Unidos, Chi chegou à Elsevier

em 2005 como vice-presidente, depois de trabalhar em empresas como a American Express e a editora Random House. De passagem pelo Brasil, onde participou do Congresso Brasileiro de Inovação da Indústria no dia 9 de junho, ele comentou as perspectivas do Plano S na entrevista a seguir.

**Quais são as suas expectativas para o Plano S após o adiamento para 2021?**

O Plano S propõe uma mudança dramática na forma como a comunidade de pesquisa trabalha. É preciso tempo para fazer uma transição sustentável. Criar um cronograma impraticável e de caráter ideológico pode gerar descrédito. O adiamento para 2021 não foi um retrocesso. A meta é ambiciosa e sabemos que será praticamente impossível alcançá-la plenamente, mas a Elsevier sempre tem apoiado a intenção de tornar a pesquisa cada vez mais disponível para mais pessoas. Apenas acreditamos que é preciso fazer isso de modo sustentável. Tenho certeza de que o diálogo terá prosseguimento para assegurar que a mudança

aconteça de forma apropriada na Europa. Essa é uma iniciativa europeia e estamos trabalhando com ela na Europa. Não cabe à Europa impor seus modelos para outras partes do mundo. Cada comunidade tem que tomar suas decisões, no tempo certo para cada uma delas.

**O Plano S desistiu de criar um teto para taxas de publicação de artigos, mas quer transparência nos custos de publicação. Como lidar com essa cobrança?**

Foi uma boa ideia abandonar qualquer tipo de tabela impositiva. Um indicador artificial de preços não é algo sustentável. O mercado, no caso, a comunidade científica, deve determinar o valor das taxas. Se uma revista presta um serviço eficiente, rápido e de alta qualidade, tenho certeza de que os autores ficarão felizes em pagar mais por isso. Devemos deixar que a competição determine os preços. O mercado é muito dinâmico e não há monopólio. Há mais de 30 mil publishers atuando no mundo. A chave é a transparência.

**A Elsevier enfrenta obstáculos para renovar contratos com universidades que preferem comprar um pacote incluindo assinaturas e taxas para publicar em acesso aberto. Esse modelo é viável?**

No longo prazo, é viável. Difícil é fazer a transição rapidamente. O processo é complicado e é preciso ser justo com todos os atores envolvidos. Vou dar um exemplo: você vai a um restaurante e encontra lá 10 mesas sendo atendidas. Aí você diz: “Hoje o vinho é por minha conta”. Acontece que o vinho já estava incluído no preço do menu. Um cliente da mesa ao lado diz: “Então eu quero um desconto no preço do menu, senão vai haver dupla cobrança”. De uma hora para outra, o menu que custava 10 passou a custar 8. Aí você diz o seguinte: “Bem, como eu estou pagando o vinho para todos, agora eu quero a minha refeição de graça”. Faz sentido você deixar de pagar



Youngsuk Chi:  
"A questão é quem está  
financiando o SciHub e o  
que mais estão roubando  
das universidades"

a sua refeição só por que está pagando o vinho dos outros? A resposta é não. Outro problema é que alguns países estão dispostos a pagar para que um serviço esteja disponível gratuitamente e outros não. Quando houver uma harmonia, vai funcionar. Não é por acaso que os defensores do Plano S viajaram pelo mundo para buscar o apoio de outros países.

***A Elsevier ainda negocia com instituições que deixaram de assinar suas revistas?***

Sim. Na maioria dos casos, quando discutimos necessidades e expectativas, somos capazes de chegar a um desfecho em que todos saem ganhando, como aconteceu com a Noruega. Mas também houve casos em que os clientes exigiam que a publi-

cação e o acesso aos artigos tivessem um preço único e fosse mais baixo do que o que eles gastam hoje. Seus argumentos parecem mais religiosos do que práticos. ***Como lidar com a ascensão do site pirata SciHub, que oferece ilegalmente artigos científicos de acesso restrito?***

É um grande desafio. Há alguma simpatia com o SciHub, mas temo que conheceremos em breve aspectos sombrios desse site. Não se trata apenas de roubar conteúdo e oferecê-lo de graça. A questão é quem está financiando o SciHub e o que mais eles estão roubando das universidades. As instituições brasileiras precisam tomar cuidado. Eles estão roubando mais do que artigos de repositórios. Não posso revelar nada agora, mas em breve teremos notícias sobre isso.

***A Elsevier vem se tornando cada vez mais uma empresa de análise de dados. O que busca com essa estratégia?***

Nos tornamos relevantes com revistas e livros acadêmicos. Mas, na era digital, nossa matéria-prima se converteu em bancos de dados. Vimos que é possível extrair conhecimento desses dados e ajudar pesquisadores, instituições e órgãos financiadores. Criamos ferramentas, como o SciVal, que leva em conta toda a literatura e as citações e permite que grupos ou instituições visualizem seu desempenho, observem o que acontece no laboratório de outros pesquisadores e organizem colaborações. Podemos melhorar a produtividade da pesquisa.

***A produção científica brasileira cresceu, mas os indicadores de impacto não avançaram na mesma velocidade. Como ampliá-los?***

Vejo duas maneiras. Uma é colaborar mais com os parceiros certos e a outra é colaborar internacionalmente. Diria que o Brasil precisa investir em colaborações de abrangência mais ampla, em vez de apostar em pequenas áreas. Temos usado nossa capacidade analítica para ajudar agências a entender onde seus resultados são melhores e a identificar com quem devem colaborar. Temos bom relacionamento com a FAPESP, que está sempre procurando maneiras de melhorar o retorno de seu investimento em pesquisa.

***Em sua conferência, o senhor citou o risco de fuga de talentos na área de inteligência artificial. Como lidar com isso?***

Devemos olhar para esses talentos não como meus ou seus, mas pertencentes a uma comunidade. Se eles deixarem a academia e forem para o setor corporativo, não será um problema, principalmente se gerarem colaborações. O problema é perder talentos para outros países. Isso ocorre quando não há compromisso para se concentrar na área em que há fuga. ■

Fabício Marques



# Alimentos que



Novas evidências indicam que o consumo de comidas ultraprocessadas favorece o ganho de peso

Ricardo Zorzetto

VERSÃO ATUALIZADA EM 04/07/2019

# engordam

**A**umentam os indícios de que uma dieta rica em alimentos ultraprocessados pode ser prejudicial à saúde. Por essa razão, alguns especialistas em nutrição e saúde pública afirmam que o ideal seria reduzir ao mínimo o consumo dessas comidas industrializadas que apresentam altos teores de açúcares, gorduras, sal e compostos químicos que aumentam a durabilidade ou conferem mais aroma, cor e sabor.

Apenas em maio deste ano, 10 novos estudos trouxeram resultados indicando possíveis efeitos nocivos dos ultraprocessados à saúde. Realizados nos Estados Unidos, na França, na Espanha e no Brasil, os trabalhos quase sempre envolveram um número grande de participantes. Seus resultados reforçam as indicações de que esses alimentos estariam ligados ao aumento da pressão arterial, a alterações nas taxas de açúcares e gorduras no sangue, a doenças no coração e a alguns tipos de câncer, além de um maior risco de morrer precocemente.

**Dia 1, café da manhã:** cereais matinais, bolinho de mirtilo, leite com fibras e margarina para o grupo sob dieta de ultraprocessados (*no alto*); e iogurte grego, frutas, nozes, granola, sal, limão e azeite para o regime sem ultraprocessados

A mais relevante dessas pesquisas, porém, avaliou o impacto dos ultraprocessados em apenas 20 voluntários. Apesar dos poucos participantes, o estudo seguiu o modelo epidemiológico mais robusto conhecido para identificar relações de causa e efeito: o ensaio clínico controlado e randomizado com cruzamento. Nesse modelo, separam-se aleatoriamente os participantes em dois grupos que sofrerão intervenções (como tratamentos ou dietas) diferentes, por exemplo, A e B. Na metade do experimento, as intervenções são trocadas e, ao final, os resultados do tratamento A são comparados com os do B.

Usando essa estratégia, a equipe de Kevin Hall, pesquisador dos Institutos Nacionais de Saúde (NIH) dos Estados Unidos, mostrou, pela primeira vez, que uma dieta predominantemente baseada em produtos ultraprocessados leva a um ganho de peso importante em pouco tempo: cerca de 1 quilograma (kg) em duas semanas. Publicado em 16 de maio na revista *Cell Metabolism*, o trabalho parece ser o teste mais rigoroso a que foi submetida a classificação de alimentos proposta há pouco mais de 15 anos, e formalizada em 2009, pelo epidemiologista brasileiro Carlos Augusto Monteiro, da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP-USP). Chamada de Nova, essa classificação agrupa os alimentos em quatro categorias de acordo com o grau de processamento: *in natura* ou minimamente processados; processados; ultraprocessados; e ingredientes culinários processados (*ver página 56*). Ela serviu de base para o Ministério da Saúde elaborar em 2014 o *Guia alimentar para a população brasileira*.

Um dos termos usados nessa classificação, no entanto, não é aceito consensualmente. Para engenheiros e pesquisadores da área de processamento de alimentos, o termo ultraprocessado é inadequado e gera confusão. “O ultraprocessamento consiste em processar um alimento além do necessário e pode ocorrer em ambiente industrial ou doméstico”, conta a engenheira de alimentos Carmen Tadini, professora da Escola Politécnica da USP e pesquisadora do Centro de Pesquisa em Alimentos (FoRC), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) financiados pela FAPESP. “Alguém que, em casa, cozinha os legumes além do necessário elimina nutrientes e faz um ultraprocessado sem ter colocado ingrediente industrial sintético”, explica. Em sua opinião, no lugar de ultraprocessado, o mais adequado seria chamar esse tipo de alimento de aditivado.



**Dia 4, dieta ultraprocessada:** cachorro-quente, batata assada, ketchup, mostarda, suco de cranberry e iogurte sabor mirtilo, no almoço; entre as refeições, salgadinhos

exagerada, uma vez que os participantes podiam comer o quanto quisessem da porção que lhes era servida.

Durante o experimento, os participantes dos dois grupos realizavam uma hora de exercício por dia. Também passavam por exames periódicos para averiguar alterações hormonais e metabólicas, além do consumo de energia. Nas duas últimas semanas, o tratamento se inverteu. Quem havia consumido a dieta ultraprocessada passou a receber alimentos frescos ou pouco processados, e vice-versa. O objetivo era reduzir a probabilidade de que os efeitos medidos fossem decorrentes de características individuais dos participantes.

“Muitas pessoas sugeriam que as comidas ultraprocessadas exerciam efeitos negativos não por causa do grau de processamento, mas por terem maior concentração de nutrientes, sal, açúcar, gorduras e menor quantidade de fibras”, contou Hall à *Pesquisa FAPESP*. “Por essa razão, decidimos fazer o ensaio clínico para investigar se uma dieta ultraprocessada levaria à maior ingestão de calorias do que uma não processada com a mesma quantidade de calorias, sal, açúcar, gordura e fibras.”

O resultado surpreendeu o próprio pesquisador. “Não esperava uma diferença tão grande”, relatou Hall em outras entrevistas. Nas duas semanas de dieta ultraprocessada, os participantes consumiram em média 500 quilocalorias a mais por dia (quase uma refeição extra) do que as pessoas que comeram alimentos frescos ou com pouco processamento. O primeiro grupo engordou, em média, 1 kg; o segundo perdeu uma proporção semelhante de peso no período (*ver gráfico ao lado*). O mesmo efeito foi observado quando as dietas foram invertidas: quem comia ultraprocessado sempre ingeria calorias em excesso e ganhava peso.

“Ainda não se havia mostrado uma relação de causalidade entre consumo de ultraprocessados e ganho de peso com um controle tão rigoroso”, afirma o médico Lício Velloso, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que coordena o Centro de Pesquisa em Obesidade e Comorbidades, outro Cepid apoiado pela FAPESP. “Esse trabalho funciona como uma prova de conceito e vai nos guiar no planejamento de estudos com mais pessoas e de diferentes origens.”

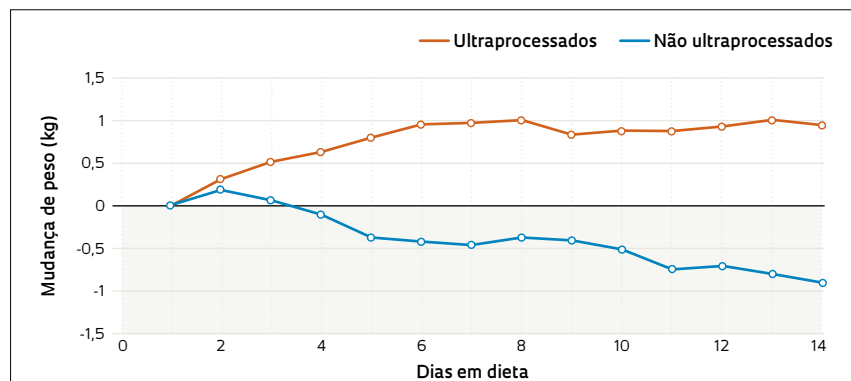
No experimento norte-americano, Hall e seus colaboradores mantiveram 10 homens e 10 mulheres saudáveis, com idade entre 30 e 33 anos e peso estável, internados em uma clínica dos NIH durante 28 dias. Nesse período, os pesquisadores submeteram os voluntários à seguinte situação. Por meio de um sorteio aleatório, metade dos participantes foi alocada em um grupo que, por duas semanas, recebeu uma dieta com 81% da energia proveniente de alimentos ultraprocessados. Esses alimentos eram oferecidos no café da manhã, almoço, jantar e intervalo entre as refeições. Eram bolinhos, cereais matinais, iogurtes adoçados e aromatizados, pães, margarina, sucos diet, além de carnes, legumes e frutas enlatados ou

de rápido preparo. Entre as refeições, os participantes tinham à disposição biscoitos recheados e salgadinhos. Os outros 10 voluntários receberam no período quase só alimentos frescos ou minimamente processados (88% das calorias vinham desses alimentos). Consumiam verduras, legumes, grãos e carnes preparados no dia e, entre as refeições, castanhas e frutas *in natura* ou desidratadas.

As refeições foram montadas de modo que tanto as ultraprocessadas como as com pouco processamento tivessem a mesma quantidade de calorias e nutrientes. Os dois tipos de refeição tinham o mesmo valor energético e mais calorias do que o necessário para um adulto saudável. Isso possibilitava uma ingestão

## Efeito dos ultraprocessados

Pessoas consumindo esse tipo de alimento ganharam, em média, 1 quilograma em 14 dias; o outro grupo perdeu peso no período



FONTE HALL, K. ET AL. CELL METABOLISM. 2019



**Dia 4, dieta sem ultraprocessados:** no almoço, brócolis cozido, bacalhau assado, batatas assadas ao azeite, salada de alface, cenoura, pepino, tomate e vinagrete; entre as refeições, frutas e castanhas

Uma das limitações do estudo é o pequeno número de participantes. “A influência de características individuais, que podem facilitar o ganho ou a perda de peso, seria diluída em um trabalho com mais participantes”, afirma o farmacêutico especializado em nutrição Eduardo Purgatto, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas (FCF) da USP e integrante do FoRC. “O ganho de peso observado no estudo, no entanto, é consistente.”

Segundo Hall, o pequeno número de participantes e a curta duração do estudo não desabonam a afirmação de que os ultraprocessados favorecem o ganho de peso. “Essas limitações nos impedem apenas de concluir que o efeito persistirá por longos períodos e que seja válido para toda a população”, explica o pesquisador dos NIH.

Estudos com poucos participantes apresentam, em geral, uma capacidade reduzida de detectar o efeito de uma intervenção; no caso, a adoção de uma dieta predominantemente ultraprocessada. No trabalho norte-americano, porém, isso não parece ter ocorrido. “O efeito observado foi tão superior ao esperado pelos autores que o número de participantes não prejudicou a conclusão”, comenta Monteiro, da FSP-USP e criador da classificação Nova.

Jarlei Fiamoncini, pesquisador da FCF-USP e integrante do FoRC, afirma que o estudo, apesar de robusto, poderia ser mais informativo se os autores tivessem analisado quanto da energia

## Hormônio da saciedade aumentou e da fome diminuiu com consumo de alimentos menos processados

dos alimentos consumidos foi absorvida de fato e quanto foi eliminada nas fezes.

O trabalho não foi planejado para identificar os mecanismos por trás do ganho de peso, mas a equipe dos NIH tem algumas hipóteses para explicá-lo. Uma delas é a diferença na disponibilidade de proteínas. Esses nutrientes compunham 14% do aporte energético na dieta ultraprocessada e 15,6% na não processada. Apesar de a diferença parecer pequena (a primeira tinha 10,3% menos proteína que a segunda), ela pode influenciar o funcionamento do organismo. Sabe-se que uma dieta com menor teor de proteína sacia menos. “Essa diferença pode ter levado as pessoas a comer mais dos alimentos ultraprocessados para tentar suprir o déficit proteico”, explica Velloso.

Hall e sua equipe estimam, porém, que esse efeito explique menos da metade do ganho de peso. Outro dado pode ajudar a entender o consumo excessivo de calorias na dieta ultraprocessada. Os participantes comiam esses alimentos, que apresentam mais energia em um menor volume, mais rapidamente: em média, ingeriam cerca de 10 gramas e 20 quilocalorias a mais por minuto do que as pessoas que consumiam alimentos com grau menor de processamento. Aparentemente, engorda-se porque é possível comer mais até que os sinais de saciedade cheguem ao cérebro. “Na fase em que se consumiram alimentos com menos processamento houve aumento maior do hormônio PYY, que induz à saciedade, e redução nos níveis de grelina, que provoca a fome”, conta Fiamoncini.

Alguns pesquisadores suspeitam que as pessoas tenham tendência a comer mais ultraprocessados porque esses alimentos seriam formulados para serem mais saborosos e agradáveis ao paladar. No experimento norte-americano, porém, o grupo de Hall não encontrou evidência de que isso tivesse ocorrido.

A relação de causalidade indicada pela equipe dos NIH também foi apontada em outro estudo recente, realizado por pesquisadores brasileiros. No município de Pelotas, no sul do Rio Grande do Sul, o grupo coordenado pela epidemiologista Iná da Silva dos Santos na Universidade Federal de Pelotas (UFPel) avaliou a dieta e a composição corporal de quase 3.500 crianças nascidas em 2004 em dois momentos: aos 6 e aos 11 anos de idade. A nutricionista Caroline Costa observou que, na primeira avaliação, metade das crianças obtinha 42% das calorias diárias de alimentos ultraprocessados; essa proporção diminuiu para 33% quando elas tinham 11 anos. Apesar da redução, Costa verificou que cada 100 gramas de alimentos ultraprocessados consumidos por dia levavam a um aumento de 0,14 quilograma por metro ao quadrado (kg/m<sup>2</sup>) no índice de massa gorda, que representa mais acuradamente o acúmulo de gordura corporal e prediz melhor o risco de desenvolver problemas metabólicos decorrentes da obesidade, como diabetes e alterações nos níveis de colesterol, do que outros índices.

“As calorias dos ultraprocessados foram responsáveis por 58% do ganho de

# Uma nova forma de ver os alimentos

Foi no início dos anos 2000 que o epidemiologista Carlos Augusto Monteiro e sua equipe na FSP-USP começaram a perceber a necessidade de mudar a forma de classificar os alimentos. O grupo tentava compreender uma aparente contradição entre a tendência de os brasileiros adquirirem cada vez menos açúcar, sal e óleo para cozinhar e a tendência de aumento da obesidade, ambas identificadas a partir de inquéritos nacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Apesar de comprar menos ingredientes culinários, o teor de açúcar, sal e gordura dos alimentos da cesta básica era cada vez maior. “Esse aumento era explicado pela aquisição de maior quantidade de um grupo de alimentos prontos para o consumo e ricos em açúcar, sal e gordura”, afirma Monteiro. Ele e seus

colaboradores chamaram essa categoria de alimentos ultraprocessados, uma das quatro categorias da classificação Nova, detalhada a seguir. Com base nela, em 2014 o Ministério da Saúde publicou o *Guia alimentar para a população brasileira*, que recomenda o consumo abundante de alimentos *in natura* ou minimamente processados, redução de processados e que se evitem os ultraprocessados.

**In natura ou minimamente processados:** alimentos obtidos de plantas e animais, como frutas, verduras, legumes, grãos, ovos, carnes e leite. Podem passar por limpeza, moagem, fracionamento, secagem, fermentação, refrigeração, congelamento e pasteurização.

**Processados:** alimentos produzidos com adição de sal,

açúcar ou substâncias de uso culinário para torná-los mais duráveis ou agradáveis ao paladar. Podem ser cozidos, secos ou fermentados, ser acondicionados em latas ou vidros e preservados por meio de salga, salmoura, cura e defumação. São frutas em calda, alimentos em conserva, carnes salgadas ou peixes conservados em sal ou óleo, queijos feitos de leite, sal e fermento vivo e pães produzidos com farinha de trigo, água, sal e leveduras

**Ingredientes culinários processados:** ingredientes extraídos de alimentos *in natura* ou da natureza por prensagem, moagem, trituração, pulverização e refino. Alguns exemplos são sal, açúcar, azeite e manteiga, usados para temperar, refogar, fritar e cozinhar os alimentos.

**Ultraprocessados:** formulações industriais feitas inteiramente ou majoritariamente de substâncias extraídas de alimentos (gordura, açúcar, proteína), derivadas de constituintes de alimentos (gordura hidrogenada, amido modificado) ou sintéticas (aromatizantes, corantes e realçadores de sabor). Envolvem diversas etapas e técnicas de processamento, além de muitos ingredientes – em geral, mais de cinco, alguns de uso exclusivo industrial. São as bebidas adoçadas, pós para refrescos, embutidos e produtos derivados de carne e gordura animal, além de alimentos congelados prontos para aquecer ou desidratados (misturas para bolo, sopas em pó, macarrão instantâneo). Entram na categoria salgadinhos de pacote, cereais matinais e pães que, além dos ingredientes tradicionais, incluem emulsificantes e outros aditivos.

gordura, sugerindo que, além da nutrição, outros fatores possam estar envolvidos no acúmulo de massa gorda”, afirma a nutricionista, que apresentou esses resultados em seu doutorado, defendido em fevereiro deste ano, e está submetendo-os para publicação em revistas científicas internacionais. “A prevenção precoce do consumo de ultraprocessados é importante porque hábitos adquiridos na infância tendem a permanecer ao longo da vida”, relata Costa.

A esses dois trabalhos, somam-se outros indicando que uma participação maior de ultraprocessados na dieta aumenta o risco de problemas de saúde. Esses estudos envolvem um número bem maior de participantes – de milhares a dezenas de milhares –, mas têm um controle menos rigoroso. Um deles é um estudo de acompanhamento populacional chamado NutriNet-Santé. Nele, desde 2009 os pesquisadores avaliam de tempos em tempos a dieta e a saúde de 105 mil franceses. Em 2018, o grupo havia

mostrado que um aumento de 10 pontos percentuais na participação dos ultraprocessados na dieta elevava em 12% o risco de desenvolver câncer (ver Pesquisa FAPESP nº 265). Resultados publicados em maio no *British Medical Journal* sugerem que o mesmo incremento de ultraprocessados na dieta aumenta em mais de 10% o risco de problemas cardíacos e de acidente vascular cerebral, as duas principais causas de morte no mundo.

Em outro artigo apresentado em maio no mesmo periódico, pesquisadores da Universidade de Navarra, na Espanha, sugerem, a partir de um estudo com 19 mil adultos, que o aumento de uma porção de ultraprocessados na dieta elevaria em 18% o risco geral de morte. “A identificação de associações semelhantes em diferentes estudos feitos com populações diversas reforça a importância do achado”, explica Monteiro.

Os pesquisadores entrevistados para a reportagem concordam que se deve reduzir a participação dos ultraproces-

sados na dieta, ainda que esses alimentos sejam importantes para fornecer a energia necessária à vida em certas situações, como a de escassez de alimentos. Eles também concordam que o consumo dos ultraprocessados não é o único fator por trás da epidemia de obesidade que se espalha pelo planeta, um problema com múltiplas causas. Purgatto, da FCF-USP, afirma que esse debate é importante para estimular a indústria alimentícia a produzir alimentos de melhor qualidade. ■

## Projeto

Consumo de alimentos ultraprocessados, perfil nutricional da dieta e obesidade em sete países (nº 15/14900-9); Modalidade Projeto Temático; Pesquisador responsável Carlos Augusto Monteiro (USP); Investimento R\$ 1.506.407,84.

## Artigo científico

HALL, K. D. et al. Ultra-processed diets cause excess calorie intake and weight gain: An inpatient randomized controlled trial of ad libitum food intake. *Cell Metabolism*. 16 mai. 2019.

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





# Barbeiros

## CHEGAM À GRANDE SÃO PAULO

*Panstrongylus megistus*, encontrado em áreas urbanas próximas às matas

Desde 2015, mais de 100 insetos foram capturados e 30% deles tinham o protozoário que causa a doença de Chagas

**Carlos Fioravanti**

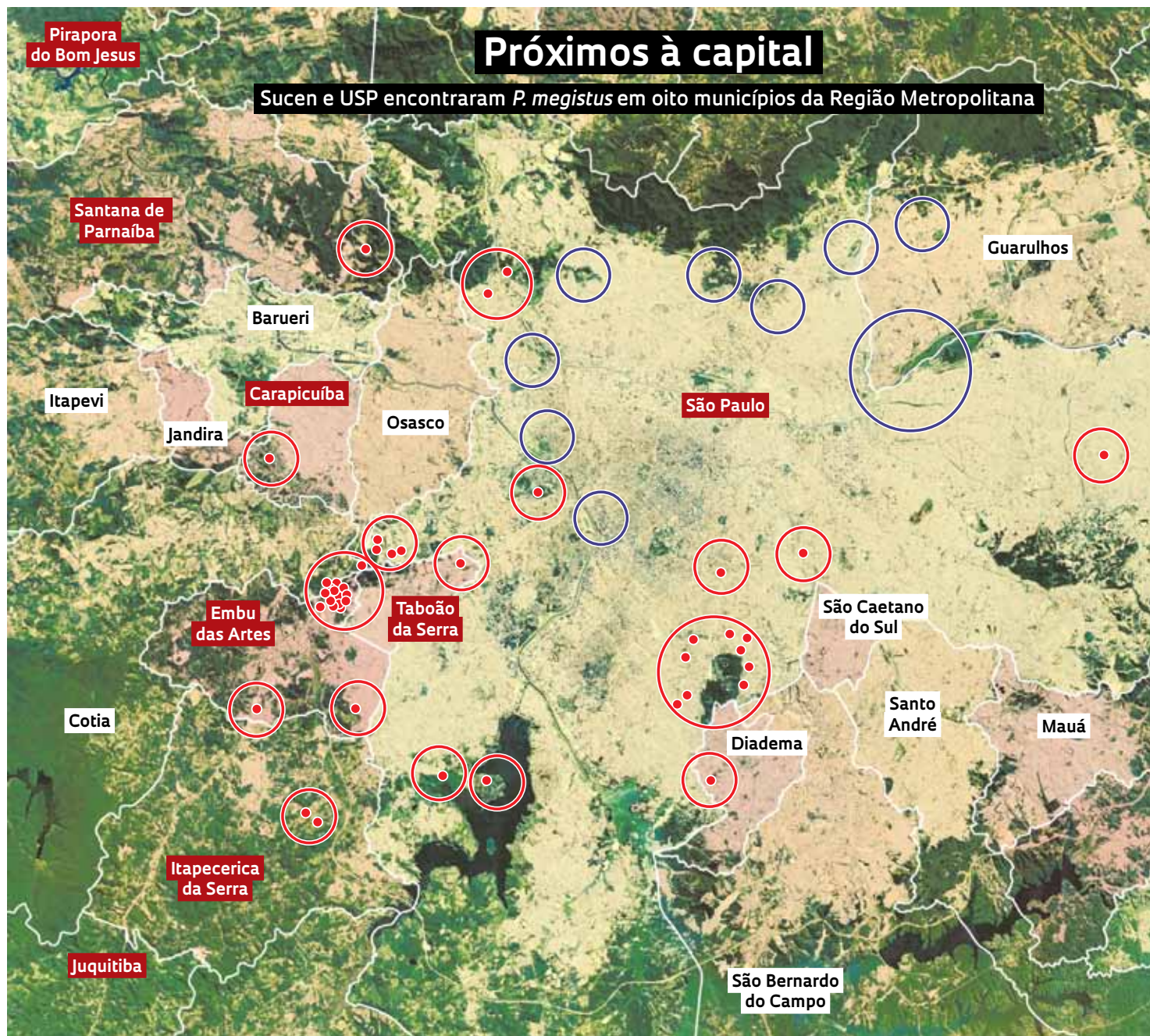
Nos últimos cinco anos, equipes da Superintendência de Controle de Endemias (Sucen) encontraram 135 insetos transmissores do protozoário causador da doença de Chagas em municípios da Grande São Paulo. Desses, 30,8% estavam infectados. Por enquanto, o risco de contaminação é pequeno. Ainda não há casos da enfermidade registrados em seres humanos, mas as análises de laboratório na Sucen indicaram que os insetos capturados, conhecidos como barbeiro, alimentaram-se de sangue humano e de animais, como aves, roedores, gambás, cães e gatos. “Precisamos ficar atentos para evitar a transmissão para pessoas”, alerta o biólogo Rubens Antonio da Silva, pesquisador científico e coordenador técnico do programa de controle de doença de Chagas da superintendência.

Ao identificar um barbeiro em Pirapora do Bom Jesus, a 61 quilômetros (km) da cidade de São Paulo, e outro em Taboão da Serra, a 18 km da capital, em 2015, Silva e sua equipe pensaram que poderia se tratar de episódios esporádicos. A conclusão se desfez quando atenderam outros chamados de moradores

de Taboão da Serra nos anos seguintes e, em 2018, também de Carapicuíba, Embu das Artes, Itapeverica da Serra e bairros da zona oeste de São Paulo. Em 2019, Juquitiba e Santana de Parnaíba reforçaram a lista de municípios com relatos de barbeiros.

Em Carapicuíba, os pesquisadores identificaram colônias com 57 insetos vivendo em ninhos de gambás no telhado de três casas de condomínios cercados por matas – nenhum deles estava infectado. Em Taboão da Serra, porém, 47% dos barbeiros estavam infectados com *Trypanosoma cruzi*, o protozoário causador da doença de Chagas. Em uma casa em Embu das Artes, havia fêmeas com ovos embaixo do colchão sobre o qual dormiam os moradores, que não foram contaminados, de acordo com os exames feitos até agora.

Enquanto cresce pela primeira vez na Região Metropolitana de São Paulo, a população de barbeiros tem caído no interior do estado: o total de insetos capturados diminuiu de cerca de 6 mil em 2007 para aproximadamente 2 mil em 2018, como Silva descreve em um artigo publicado em abril de 2019 na re-



FONTES RUBENS A. SILVA / SUCEN / CERETTI ET AL. 2018

vista *Brazilian Journal of Health Review*. De acordo com o Ministério da Saúde, o estado de São Paulo registrou apenas um caso novo de pessoa com doença de Chagas em 2016 e dois em 2017. Nesses dois anos, o número de casos novos passou de 20 para 320 no Pará e de 3 para 24 no Amapá, estados que concentram a maioria dos relatos.

Em 2006, o Brasil recebeu da Organização Mundial da Saúde (OMS) certificação internacional por ter praticamente eliminado o barbeiro *Triatoma infestans*, a principal espécie transmissora da doença, hoje restrita a regiões da Bahia

e do Rio Grande do Sul. No entanto, em consequência da intensa transmissão até meados do século XX, estima-se que entre 1,2 milhão e 4,6 milhões de pessoas no Brasil tenham a forma crônica da doença de Chagas, com cerca de 6 mil mortes por ano, principalmente por insuficiência cardíaca, que afeta cerca de 30% das pessoas com o parasita, de acordo com a OMS.

Atualmente a espécie de barbeiro que mais preocupa é *Panstrongylus megistus*, por ser capaz de viver tanto em matas quanto em espaços domésticos. *P. megistus* tem o corpo marrom com manchas

vermelhas e 2,5 a 4 centímetros de comprimento. Atraído pela luz, o inseto pode entrar nas casas por portas ou janelas abertas. Os barbeiros se infectam com *T. cruzi* ao se alimentarem do sangue de animais que o abrigam sem desenvolver a doença, os chamados reservatórios naturais, como gambás, morcegos, tatus, macacos, preguiças, pacas, capivaras, cães e gatos.

Até agora os registros de *P. megistus* na região metropolitana paulistana eram esparsos. De 1999 a 2017, 15 exemplares foram capturados na cidade de São Paulo. Apenas dois insetos foram examina-



## O parasita é transmitido principalmente por meio de alimentos ou bebidas contaminados com fezes dos insetos

te”, diz o médico epidemiologista Guilherme Werneck, professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Em 2018 e 2019, as equipes da SUCEN registraram *P. megistus* em áreas próximas a matas de quatro bairros da zona oeste da capital: Jardim Amaralina, Cohab Raposo Tavares, Jardim Esmeralda e Butantã. Examinando os locais de ocorrência de barbeiros nos últimos anos, concluíram que os insetos podem estar se movendo, aproveitando conexões de matas e parques, a partir da região entre as rodovias Régis Bittencourt e Raposo Tavares. “Se de fato houver uma expansão territorial dos insetos transmissores, a situação tende a se agravar”, comenta Silva. Segundo ele, se a hipótese estiver correta, como os insetos se reproduzem mais intensamente no verão, no final de 2019 os moradores de bairros da zona norte como o Tucuruvi, perto do Parque da Cantareira, e da zona sul, próximos ao zoológico de São Paulo, devem encontrar insetos perto ou dentro de suas casas. O plano de ação da SUCEN inclui comunicação com os moradores de Cotia, Osasco, São Bernardo do Campo, Santo André e Ribeirão Pires, possíveis áreas vulneráveis.

“Temos de evitar a formação de colônias, como em Araçatuba”, comenta Silva. Em 2017, foram coletados 565 adultos e 1.183 ninfas de barbeiros da espécie *Rhodnius neglectus* em dezenas

de palmeiras das ruas e praças dessa cidade do noroeste do estado de São Paulo. Segundo ele, embora os barbeiros não estejam infectados, o que se teme é que um gambá contaminado, por exemplo, escale as palmeiras em busca de ovos das maritacas e transmita o parasita aos insetos. “A identificação de barbeiros em áreas urbanas reforça a necessidade de alertarmos para o risco, ainda que pequeno, de transmissão para seres humanos”, comenta o biólogo José Eduardo Tolezano, diretor do Centro de Parasitologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL).

A chamada transmissão vetorial, por meio dos insetos infectados pelos protozoários, hoje responde por 9% dos casos humanos registrados no país pelo Ministério da Saúde. Em 18% das ocorrências, a forma de transmissão do parasita não é identificada. Predomina atualmente a transmissão oral (72%), por meio do consumo de alimentos ou bebidas com fezes dos insetos contaminadas com o parasita. Em abril deste ano, um estudo da Fundação de Medicina Tropical, publicado na *Emerging Infectious Diseases*, relatou 10 casos de pessoas que apresentaram os sintomas iniciais da doença de Chagas – febre, dor de cabeça e fraqueza – depois de terem tomado suco de açaí contaminado com *T. cruzi*, em 2017 e 2018.

Também em abril deste ano, foi relatado um episódio de origem ainda incerta. De um grupo de 77 pessoas que participou de um retiro religioso durante a Semana Santa, em Ibimirim, no sertão pernambucano, 31 foram diagnosticadas com doença de Chagas, contraída possivelmente por alimento ou bebida contaminada. Elas começaram a ser tratadas com o medicamento benznidazol, eficaz no controle da fase aguda da doença, mas com fortes efeitos colaterais, como reações alérgicas cutâneas, enjoos e vômitos. ■

### Artigos científicos

SILVA, R. A. de. Estado atual da vigilância entomológica da doença de Chagas no estado de São Paulo. *Brazilian Journal of Health Review*. v. 2, n. 2, p. 742-55. mar.-abr. 2019.

CERETTI JÚNIOR, W. et al. Occurrences of triatomines (Hemiptera: Reduviidae) and first reports of *Panstrongylus geniculatus* in urban environments in the city of São Paulo, Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*. v. 60, p. e33. 19 jul. 2018.

SANTANA R. A. G. et al. Oral Transmission of *Trypanosoma cruzi*, Brazilian Amazon. *Emerging Infectious Diseases*. v. 25, n. 1, p. 132-5. jan. 2019.

dos: o coletado em 2011 no Jabaquara, zona sul, estava infectado com *T. cruzi*, e o de 2014 no Sacomã, na região sudeste, não tinha o parasita, de acordo com um levantamento realizado pelo biólogo Walter Ceretti Junior, da Faculdade de Saúde Pública da USP, publicado em julho de 2018 na *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*. “Com o desmatamento, roedores e gambás aproximam-se das casas em busca de abrigo e alimento”, diz Ceretti Júnior. “A possibilidade de a transmissão do parasita sair do ciclo silvestre e se expandir para áreas urbanas é no mínimo preocupan-

# UMA NOVA FORMA DE DEMÊNCIA

Confundida com Alzheimer, a Late apareceria com maior frequência em octogenários


**A**o longo dos últimos anos, psiquiatras e neurologistas se inquietavam com os casos que apresentavam as características clínicas da doença de Alzheimer, embora sem as lesões cerebrais ou o acúmulo de proteínas associadas a essa doença, responsável por mais da metade dos casos diagnosticados de demência. Um trabalho recente forneceu a possível explicação para a situação: de 15% a 20% dos casos que se parecem com Alzheimer poderiam ser uma nova forma de demência chamada Late, sigla de encefalopatia da proteína TDP-43 relacionada à idade predominante no sistema límbico (*Limbic-predominant age-related TDP43 encephalopathy*). A Late foi proposta em um artigo científico publicado em 30 de abril na revista científica *Brain* por um grupo coordenado por Peter Nelson, da Universidade de Kentucky, com 34 pesquisadores de outras universidades dos Estados Unidos, do Reino Unido, da Suécia e da Austrália, com base em autopsias de pessoas com mais de 80 anos de idade.

A doença de Alzheimer e a Late atingem inicialmente a mesma região do cérebro, o chamado sistema límbico, mas há diferenças. A primeira provoca perda de memória gradativa e se manifesta a

partir dos 65 anos. A frequência da segunda é maior a partir dos 80 anos. As lesões cerebrais típicas da doença de Alzheimer envolvem dois marcadores – o peptídeo beta-amiloide, que forma aglomerados (placas) entre os neurônios, ou a proteína tau, que origina emaranhados no interior dos neurônios –, identificados por tomografia de emissão de pósitrons (PET) e pela análise do líquido cefalorraquidiano (líquor). A Late está associada ao acúmulo da proteína TDP-43, que auxilia o RNA em suas tarefas no núcleo da célula. Quando produzida em excês-

so, a TDP-43 migra para o citoplasma e forma aglomerados que prejudicam o funcionamento dos neurônios. Em 2006, essa proteína foi associada a uma forma de demência associada à degeneração dos lobos frontais e temporais e a outra doença neurodegenerativa, a esclerose lateral amiotrófica, caracterizada pela perda de neurônios motores.

“Falta ainda ver se o acúmulo de TDP-43 no cérebro é apenas uma correlação, um evento simultâneo, ou efetivamente a causa da perda de memória”, observa o bioquímico Sergio Teixeira Ferreira,



professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Segundo ele, a mesma dúvida poderia valer para a doença de Alzheimer, porque há pessoas com muitas placas de beta-amiloide e pouca perda de memória e também o contrário.

**A**Late amplia as diferenças entre as formas de demência. Duas outras formas confundidas com a doença de Alzheimer – a demência por grãos argirofílicos, identificada em 1987, e a tauopatia primária relacionada à idade, em 2014 – também se manifestam após os 80 anos e causam atrofia do hipocampo, mas apresentam acúmulo apenas da tau. “Antes, qualquer episódio de perda de memória, ainda que episódico, era visto como sinal de Alzheimer”, comenta o neurologista Márcio Luiz Figueiredo Balthazar, professor da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas (FCM-Unicamp). O diagnóstico mais preciso só pode ser feito após a morte do paciente.

“Mesmo com a descoberta dessa forma alternativa de demência senil, a doença de Alzheimer dificilmente deixará de ser a principal causa de demência no idoso”, afirma o psiquiatra Orestes Vicente Forlenza, do Instituto de Psiquiatria da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (IPq-FM-USP). “Contudo, será necessário rever as estimativas epidemiológicas. Provavelmente as taxas de prevalência da doença de Alzheimer estão superdimensionadas, uma vez que casos diagnosticados clinicamente como Alzheimer são, na realidade, atribuídos à Late.” Ainda não há marcadores para a TDP-43 que permitam a comprovação do diagnóstico em vida, mas, segundo ele, “uma demência de início tardio com atrofia hipocampal e negativa para beta-amiloide e para tau pode, na realidade, corresponder à Late”.

A identificação das proteínas poderia facilitar a busca por tratamentos específicos para as diferentes formas de demência, um problema de saúde pública

crescente. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o número de pessoas com esse tipo de transtorno psiquiátrico passou de 20 milhões em 1990 para quase 50 milhões atualmente. Em maio, a OMS distribuiu um manual de 96 páginas com orientações para reduzir o risco de perda de memória e demência, como a redução do tabagismo, a prática de atividades físicas e o controle de diabetes e hipertensão. Em janeiro de 2019, o grupo da UFRJ publicou um estudo na *Nature Medicine* mostrando que a prática de exercícios físicos poderia efetivamente reduzir a perda de memória e prevenir a formação de placas de beta-amiloide (ver Pesquisa FAPESP nº 273).

O lítio, usado há décadas para tratar o transtorno bipolar, desponta como uma possibilidade para deter a perda de memória gradativa que caracteriza as demências, para as quais não há medicamentos. Reiterando estudos em modelos experimentais e outros testes em seres humanos, a equipe do IPq verificou que o lítio em dosagens menores que as empregadas contra o transtorno bipolar poderia ajudar a prevenir a perda de memória e a formação de aglomerados de beta-amiloide. Nesse estudo, 61 pessoas com comprometimento cognitivo leve e idade média de 72,6 anos tomaram carbonato de lítio ou placebo durante dois anos e foram acompanhadas por mais dois anos, como detalhado em um artigo publicado em abril na revista científica *British Journal of Psychiatry*. “O lítio em doses subterapêuticas foi bem tolerado, sem prejudicar os rins e a tireoide”, observa Forlenza. A perspectiva do emprego do lítio contra demência depende agora de testes em grupos maiores de pessoas e da definição das formas de uso mais adequadas e dos estágios da doença em que poderia funcionar melhor. ■

Carlos Fioravanti

### Artigos científicos

NELSON, P. T. *et al.* Limbic-predominant age-related TDP-43 encephalopathy (Late): Consensus working group report. *Brain*. 30 abr. On-line. 2019.

FORLENZA, O. V. *et al.* Clinical and biological effects of long-term lithium treatment in older adults with amnesic mild cognitive impairment: Randomised clinical trial. *British Journal of Psychiatry*. On-line. 5 abr. 2019.

LOURENÇO, M. V. *et al.* Exercise-linked FND5/irisin rescues synaptic plasticity and memory defects in Alzheimer's models. *Nature Medicine*. v. 25, p. 165-75. 7 jan. 2019.

# Ancestralidade dispersa

Mestiços dos estados do Sul têm mais linhagens de DNA ameríndio do que os grupos indígenas atuais da região

Rafael Garcia

A maior parte da diversidade genética dos povos pré-colombianos que habitaram os três estados do Sul e o Uruguai está conservada nas atuais populações urbanas miscigenadas, com ascendência tanto ameríndia como europeia, e desapareceu entre os membros de comunidades que hoje vivem em reservas indígenas. Os mestiços apresentam quase cinco vezes mais linhagens de DNA mitocondrial, material genético herdado apenas do lado materno, originárias desses povos ancestrais do que os índios. A situação, aparentemente paradoxal, pode ser explicada por duas circunstâncias associadas ao processo de colonização empreendido pelo europeu na ponta meridional da América do Sul a partir do século XVI: a extinção da imensa maioria da população indígena, levando ao desaparecimento de muitas linhagens de DNA mitocondrial entre a pequena parcela atual de remanescentes desses povos, e a geração frequente de filhos mestiços, de pai europeu e de mãe indígena, em cujos descendentes

foi preservado um número elevado de linhagens genéticas maternas de origem ameríndia.

Esse cenário é descrito em um estudo de pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) divulgado em 23 de abril deste ano no periódico científico *American Journal of Human Biology*. O trabalho analisou dados publicados sobre o DNA mitocondrial de 309 indivíduos miscigenados que moram nos estados do Sul e no Uruguai e de 396 indígenas vivos dos troncos linguísticos Tupi-guanani e Jê. Essas sequências foram ainda comparadas com aquela, já publicada, de um indivíduo da extinta etnia Charrua. As amostras genéticas da população mestiça, que não se reconhece mais como índia, são originárias de cidades situadas em áreas originalmente ocupadas por esses grupos indígenas cerca de 20 gerações atrás. O trabalho encontrou apenas 27 linhagens de DNA mitocondrial, denominadas tecnicamente haplótipos, entre a população indígena e 131 nos indivíduos miscigenados.

“A única explicação para essa grande diversidade genética entre os mestiços é que ela deve refletir a situação que existia entre os povos nativos pré-colombianos antes do contato com os europeus”, explica a geneticista Maria Cátira Bortolini, da UFRGS, uma das autoras de estudo, baseado em parte na dissertação de mestrado de seu ex-aluno Gustavo Tavares. Cerca de 95% das linhagens de DNA mitocondrial dos povos ameríndios, que iniciaram o povoamento das Américas por volta de 15 mil anos atrás, estão reunidas em quatro grandes grupos, os chamados haplogrupos A2, B2, C1, D1. Das poucas linhagens presentes nos índios hoje vivos da região Sul, quase dois terços delas são do haplogrupo A2. Entre a população miscigenada, as linhagens do haplogrupo A2 representam apenas um quarto do total e as do haplogrupo C1, as mais frequentes, respondem por mais de 40% das amostras.

A diversidade genética abrange a quantidade de mudanças e mutações no DNA que caracterizam as diferenças entre os indivíduos de um grupo popu-



Ilustração do chefe dos extintos Charruas selvagens, povo indígena do Sul cujo DNA mitocondrial foi estudado

às Américas, a população feminina ameríndia vivendo nos atuais territórios do Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e no Paraná poderia ter chegado a quase 200 mil mulheres.

**N**ão há consenso entre os historiadores sobre quantos índios, homens e mulheres, viveram no Sul antes do desembarque do conquistador europeu. A estimativa mais aceita sugere uma população indígena de 250 mil indivíduos. Se esse número estiver certo, o DNA mitocondrial hoje presente nos índios do Sul reflete o material genético de apenas 0,3% da população ameríndia pré-colombiana. “A baixa diversidade genética dos indígenas atuais sinaliza que o tamanho da população ameríndia ancestral se reduziu 300 vezes depois da chegada do europeu”, comenta Bortolini.

Para o antropólogo Ruben Oliven, também da UFRGS, mas que não participou do estudo, o resultado do trabalho se alinha com a história e a construção da identidade cultural gaúcha. “A figura do indígena foi incorporada de uma maneira ambígua à imagem do gaúcho”, explica Oliven. “O indígena sempre foi retratado como um tipo heroico, que andava a cavalo, era bravo e se relacionava com a natureza. Muitos gaúchos costumam dizer que têm ‘sangue’ indígena, o que provavelmente é verdade.” O reconhecimento da cultura Guarani como formadora da sociedade gaúcha, porém, é recente. “Na década de 1940, por exemplo, muita gente não aceitava como herói regional a figura do Sepé Tiaraju (1723-1756)”, diz o antropólogo, em referência ao líder indígena rebelde dos Sete Povos das Missões, no século XVIII. Os pesquisadores da UFRGS estimam que 20% dos gaúchos atuais tenham linhagens mitocondriais indígenas. ■

lacional. O material genético de populações maiores tende a apresentar mais variações do que o de pequenas parcelas de indivíduos. “Uma população maior tem mais gente e, portanto, mais linhagens segregando e mais mutações sendo introduzidas”, diz Bortolini. O grupo gaúcho optou por analisar o DNA mitocondrial porque esse segmento do genoma permite diferenciar claramente as linhagens europeias e africanas nos membros de uma população, facilitando o isolamento da contribuição indígena do material genético. Como a taxa de ocorrência de mutações no DNA mitocondrial é conhecida, esse tipo de material genético pode ser usado como um relógio molecular do passado e fornece pistas sobre

o tamanho de uma população ancestral em um dado período e a evolução, em termos numéricos, de seus descendentes.

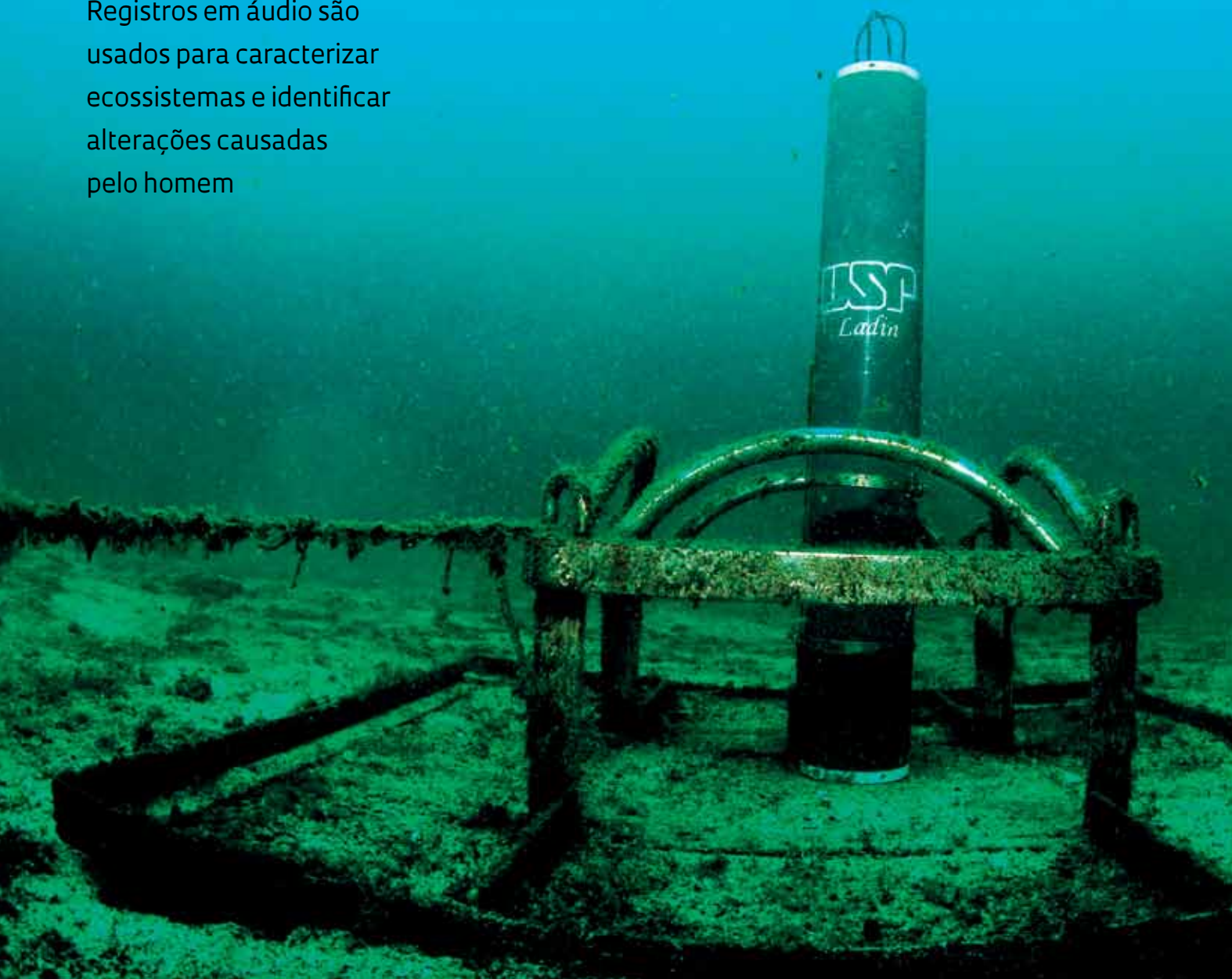
De acordo com os cálculos dos pesquisadores gaúchos, teriam sido necessários alguns milhares de anos para que o DNA mitocondrial acumulasse todas as mutações e variações encontradas atualmente na população de mestiços que vive nos três estados do Sul. As análises das amostras genéticas dos indivíduos miscigenados indicam que teria havido um processo de expansão populacional entre os ameríndios cerca de 15 mil anos atrás, mais ou menos quando o *Homo sapiens* fincou pé nas Américas. Elas também sugerem que, há cerca de 500 anos, quando o colonizador europeu chegou

#### Artigo científico

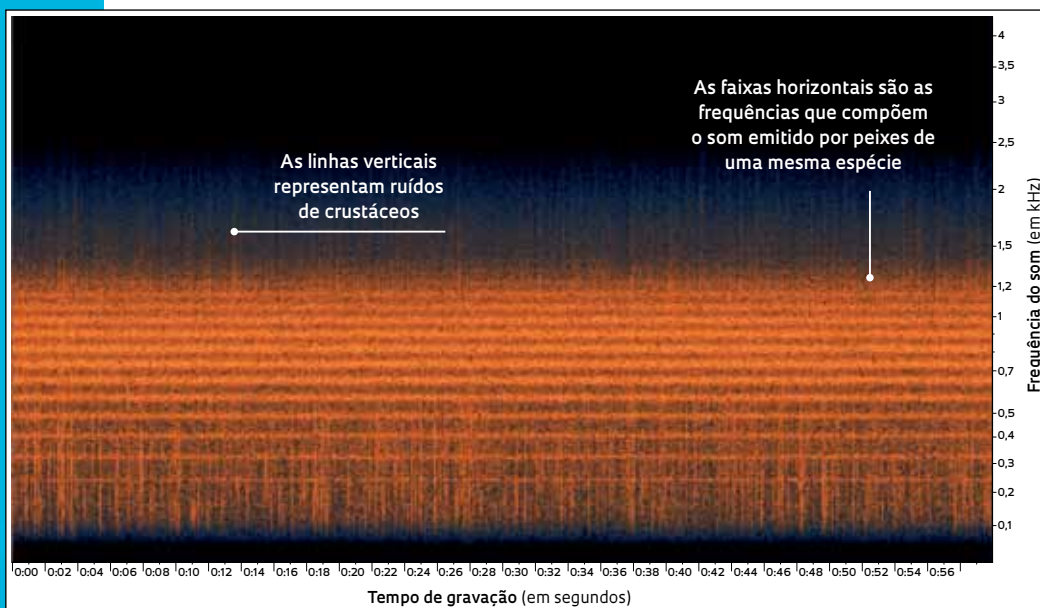
TAVARES, G. M. *et al.* Measuring the impact of European colonization on Native American populations in Southern Brazil and Uruguay: Evidence from mtDNA. *American Journal of Human Biology*. 23 abr. 2019.

# A acústica do ambiente

Registros em áudio são usados para caracterizar ecossistemas e identificar alterações causadas pelo homem







Representação gráfica dos sons submarinos registrados no Parque Estadual da Laje de Santos (ao lado) com hidrofone criado na USP (à esq.)

Graves, médios ou agudos, os sons gerados pelo ser humano ou pela natureza inundam o planeta e podem oferecer informações sobre a saúde dos ecossistemas. A miríade de estalos, silvos, trinados, urros, guinchos e estrilos produzidos pelos seres vivos amplia o conhecimento sobre como as diferentes espécies interagem entre si e com o ambiente, além de denunciar os efeitos da interferência humana. No Brasil, começam a se estruturar grupos de pesquisa dedicados a estudos de ecologia da paisagem sonora. Esse ramo novo da ecologia integra conceitos da física, música, arquitetura e psicologia, além, claro, da biologia. É uma forma alternativa e complementar de fazer estudos ambientais que, essencialmente, dependem de observações visuais ou da captura de exemplares.

Os pesquisadores trabalham na caracterização sonora de ambientes marinhos e terrestres e analisam a utilidade de algoritmos que tentam sintetizar a riqueza de características físicas do som em um só índice e, assim, facilitar a análise de quantidades gigantescas de dados. Também desenvolvem estratégias computacionais para identificar eventos sonoros específicos. “Em muitos casos, o registro sonoro de um ambiente facilita a identificação de espécies em risco de extinção”, conta o engenheiro Linilson Padovese, que desenvolve seus equipamentos de gravação em terra e na água no Laboratório de Acústica e Meio Ambiente (Lacmam) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP).

No Lacmam, Padovese e o engenheiro Elder Santos, seu aluno de doutorado, e o estatístico Paulo Hubert Junior, atualmente em estágio de pós-doutorado, criaram metodologias envolvendo algoritmos estatísticos e de aprendizado de má-

quina para caracterizar uma paisagem de forma mais completa, englobando os sons dos animais e os registros visuais do crescimento da vegetação. Eles testam essa estratégia usando dados coletados em um trecho de Mata Atlântica com áreas em diferentes estágios de recuperação nos municípios de Itatiaia e Resende, no Rio de Janeiro.

A pedido de entidades de conservação ambiental, o grupo desenvolveu uma estratégia computacional baseada em aprendizado de máquina para identificar automaticamente em gravações o canto de aves específicas, como o papagaio-chauá (*Amazona rhodocorytha*), papagaio-de-peito-roxo (*Amazona vinacea*) e papagaio-de-cara-roxa (*Amazona brasiliensis*), todos ameaçados de extinção. Segundo Padovese, a análise das gravações, de Itatiaia e Resende, permitiu distinguir ao menos em dois momentos a vocalização do chauá, que se acreditava estar extinto na região.

Linilson Padovese iniciou seus trabalhos em ecologia de paisagem sonora no oceano. Usando hidrofones e gravadores produzidos no laboratório da USP, ele caracterizou – com o engenheiro da computação cubano Ignacio Sánchez Gendriz, hoje pesquisador da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – o ambiente sonoro no Parque Estadual da Laje de Santos e no Parque Estadual Xixová-Japuá, ambos no litoral de São Paulo. Ali, identificaram a presença de baleias-jubarte e diferentes tipos de coros de peixes, que normalmente produzem sons com mais intensidade ao amanhecer e ao entardecer. Os coros do final da tarde começam quase sempre por volta de 18h e, em uníssono, ganham progressivamente intensidade. “Alguns seguem por horas e só diminuem no meio da madrugada”, conta Padovese, que nas gravações identificou ruídos produzidos

pela presença de barcos em locais nos quais não deveriam estar.

O trabalho dos biólogos, engenheiros e cientistas da computação que estudam as paisagens sonoras brasileiras vai além de registrar a diversidade de sons da natureza. Eles usam esses dados para caracterizar os biomas e compará-los em momentos e condições diferentes. Em 2015, as biólogas Marina Duarte, da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas), e Renata Sousa-Lima, da UFRN, com os ecólogos italianos Nadia Pieretti e Almo Farina, ambos à época na Universidade de Urbino, começaram a estabelecer as diretrizes de monitoramento de ecossistemas brasileiros.

Em 2012 e 2013, Duarte instalou gravadores em uma área de Cerrado, outra de Mata Atlântica e uma terceira de campos rupestres, todas em Minas, e registrou por seis dias os sons de cada um desses ambientes no período seco e no chuvoso. “Não havia padrão internacionalmente aceito para analisar os registros de paisagens sonoras, e os diferentes grupos decidiam de forma subjetiva de quanto em quanto tempo analisar os dados”, conta Duarte. “Decidimos estabelecer um padrão para alguns ecossistemas brasileiros.”

Registraram-se quase 800 horas de gravação em cada ecossistema e os dados foram analisados usando amostragens a intervalos crescentes. Os pesquisadores

começaram examinando 1 minuto de som a cada 5 de gravação e aumentaram o intervalo até chegar a 1 minuto a cada hora, segundo artigo publicado em 2015 na *Tropical Conservation Science*. Como esperado, à medida que o intervalo entre as amostras cresce, perde-se informação. Ao tentar estabelecer o intervalo que equilibrasse viabilidade de coleta e qualidade dos dados, eles notaram que a frequência de análise que fornecia o máximo de informação varia de um ecossistema para outro. “Na Mata Atlântica, é possível examinar 1 minuto a cada meia hora”, explica Duarte. “No Cerrado é preciso analisar 1 minuto a cada 15 e, nos campos rupestres, 1 a cada 5.”

Marina Duarte se interessou pela ecologia de paisagem sonora no mestrado, quando estudava o comportamento de saguis-de-tufos-pretos (*Callithrix penicillata*) em um parque de Belo Horizonte e notou o impacto dos ruídos urbanos sobre o comportamento dos animais. No doutorado, orientada na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) por Marcos Rodrigues e coorientada por Robert Young, da PUC-Minas, ambos etólogos, e por Sousa-Lima, Duarte investigou o efeito da poluição sonora da mineração sobre um trecho de Mata Atlântica nos municípios de São Gonçalo do Rio Abaixo e Santa Bárbara, a cerca de 100 quilômetros a leste de Belo Horizonte.

Ela instalou microfones no interior de um fragmento bem preservado de floresta e outros na borda, distantes 500 metros da mina Brucutu, uma das maiores áreas de extração de minério de ferro do mundo. De outubro de 2012 a agosto de 2013, os sons foram gravados por sete dias seguidos, com um intervalo de dois meses. Explosões, sirenes, barulhos de máquinas e, principalmente, o tráfego de caminhões pesados, que chegavam a 700 por dia em alguns períodos do ano, afetavam boa parte da área estudada.

Os efeitos foram mais intensos na borda da floresta, a 25 metros da estrada pela qual o minério era transportado. Ali, a complexidade de sons foi significativamente menor do que no interior do fragmento, um indicativo de menor diversidade de espécies. A riqueza sonora na margem da floresta próxima à mina também foi menor do que em outra área de borda bem menos ruidosa, próxima a uma estrada de terra usada por carros.

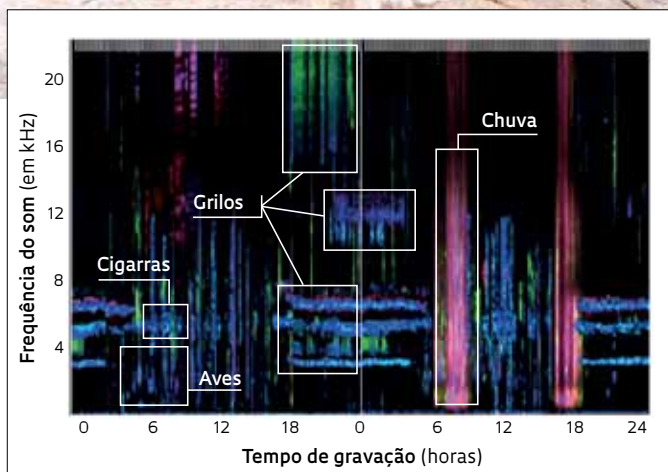
#### SOM DOS INSETOS

Vocalizações e outros sons produzidos pelos animais eram mais frequentes de dia do que à noite no trecho de mata próximo à área de mineração – o contrário ocorreu com a área mais distante. A faixa de frequência em que os insetos produzem seus sons também diferiu entre o primeiro e o segundo ponto. Em uma provável adaptação ao ambiente ruidoso, eles estridulavam em uma faixa de frequências mais estreita (mais grave ou mais aguda do que o ruído das máquinas) na borda próxima à mina Brucutu, enquanto os insetos na área de mata fechada utilizavam uma gama sonora maior. Com as aves ocorreu o oposto, relatam os pesquisadores em artigo publicado em 2015 na revista *Biological Conservation*. O canto de algumas, como o tucanuçu (*Ramphastos toco*) e a pomba-amargosa (*Patagioenas plumbea*), só foi ouvido em áreas de mata fechada distantes da mina.

Em Natal, Sousa-Lima e sua equipe no Laboratório de Bioacústica da UFRN trabalham na caracterização sonora de outros ecossistemas. No último



Equipamento registra os sons do ambiente em uma área de Cerrado em Minas Gerais



Trecho de Caatinga no Rio Grande do Norte (acima) e representação gráfica de sons de aves, insetos e chuva registrados em diferentes horários (ao lado)

ano, a bióloga Eliziane Garcia de Oliveira realizou gravações na estiagem e no período chuvoso em uma área de Caatinga. Ela investiga o impacto de geradores de energia eólica nessa paisagem sonora e, antes de saber se algo mudaria, precisava conhecer o comportamento natural do ecossistema. As gravações iniciais surpreenderam. A vegetação seca e esbranquiçada na maior parte do ano é silenciosa. Escuta-se um cricrilhar distante, além de pios e chilreios de uma ou outra ave. É só cair a chuva, no entanto, que a Caatinga se transforma: o estridular dos insetos se intensifica, outras aves se põem a cantar e a tagarelice de sapos, rãs e pererecas preenche a mata. “O ambiente sonoro se torna complexo”, resume Oliveira. É tempo de reprodução.

Em outro trabalho coordenado por Sousa-Lima, a bióloga Luane Ferreira

comparou seis índices acústicos com a identificação de registros sonoros feita manualmente, à medida que se ouvem as gravações e se veem seu registro gráfico, em três áreas de Cerrado na serra da Canastra, em Minas. Segundo estudo publicado em 2018 no *Journal of Ecoacoustics*, nenhum índice capturou plenamente a diversidade de espécies desse ambiente tropical.

#### MÚSICA E AMBIENTE

A origem dessa nova área da ecologia, formalizada em uma série de artigos apresentados em 2011 em uma edição especial da revista *Landscape Ecology*, está intimamente ligada à música, em especial ao trabalho do músico norte-americano Bernie Krause, um dos criadores da ecologia de paisagem sonora. Krause iniciou sua carreira nos anos 1960 como

guitarrista de estúdio e trabalhou com bandas de rock, como The Doors e Rolling Stones. Com Paul Beaver, formou a dupla Beaver & Krause, que introduziu sintetizadores na música pop e no cinema. Sua carreira começou a mudar em 1968, quando ele e Beaver foram contratados por uma gravadora para fazer uma série de álbuns diferentes. O inicial, *In a wild sanctuary*, seria o primeiro a trazer longos trechos de sons da natureza.

Em meio século, Krause acumulou cerca de 5 mil horas de gravações, com sons de quase 15 mil espécies. Servem para pesquisa e para a música, integrando obras como *The great animal orchestra symphony*, *symphony for orchestra and wild soundscapes*, composta pelo britânico Richard Blackford em colaboração com Krause. Sons de cigarras, sapos, corujas, lobos, gibões e baleias-jubarte se misturam aos de violinos, flautas e outros instrumentos de uma orquestra na obra apresentada pela primeira vez em 2014.

Em um comentário publicado em julho de 2018 na revista *Biotropica*, um grupo de biólogos e ecólogos dos Estados Unidos, da Austrália, da Alemanha e do Brasil reafirmam a necessidade de aumentar o monitoramento acústico de ecossistemas tropicais. O texto propõe a criação de um repositório global com as gravações, que ficariam disponíveis a todos. “As gravações de paisagens sonoras fornecem um registro permanente de um determinado local em certo momento e contêm uma riqueza inestimável e insubstituível de informações”, afirma o grupo. Os gravadores baratearam e os sistemas de armazenamento de dados melhoraram. Por essa razão, reforçam, deixar de coletar dados sonoros sobre os ecossistemas tropicais pode representar uma falta grave com as gerações futuras que poderiam se beneficiar de pesquisas em ecologia. ■ Ricardo Zorzetto

#### Projetos

1. Paisagens acústicas submarinas no litoral de São Paulo (nº 16/02175-0); Modalidade Auxílio à Pesquisa – Regular; Pesquisador responsável Linilson Rodrigues Padovese (USP); Investimento R\$ 197.321,90.
2. Observatório acústico submarino para monitoramento de parques marinhos (nº 12/04785-0); Modalidade Auxílio à Pesquisa – Regular; Pesquisador responsável Linilson Rodrigues Padovese (USP); Investimento R\$ 271.480,88.

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

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

# O poder INESPERADO do atrito

Brasileiros e alemães explicam movimento inesperado de barril em experimento explosivo com bolas de pingue-pongue

Faz alguns anos circulam na internet vídeos de um experimento intrigante, que agora recebe uma explicação física adequada. Nele, uma garrafa plástica com um pouco de nitrogênio líquido transforma um barril cheio de bolas de pingue-pongue em um espalhafatoso canhão. Líquido a temperaturas inferiores a  $-196,15$  graus Celsius, o nitrogênio rapidamente vira gás à temperatura ambiente, sofrendo uma expansão explosiva que lança aos ares milhares de bolas. O experimento já foi feito em programas de TV e parou por instantes um prédio da Universidade de Plymouth, no Reino Unido, quando o químico Roy Lowry o realizou em 2015 ([bit.ly/1PabSI6](http://bit.ly/1PabSI6)). O curioso é que, no momento da explosão, não só as bolas voam. Também o barril sai do chão e sobe, às vezes, a 1 metro de altura, quando, o esperado, era que permanecesse parado ou ricocheteasse.

O experimento aparentemente simples ganhou uma explicação de pesquisadores brasileiros e alemães. Em um artigo publicado em abril no *American Journal of Physics*, o físico gaúcho Jason Gallas, o pernambucano Eric Parteli, e o engenheiro catarinense Daniel Nasato, em parceria com os alemães Thorsten Pöschel e Patric Müller, mostraram que é o atrito entre as bolinhas e entre elas e o barril que faz o tonel voar.

Algumas tentativas de explicação até haviam surgido em fóruns de discussão na internet. Uns sugeriam que a explosão faria o fundo do barril se deformar e pressionar o chão, que, por sua vez, empurraria o tonel para o alto. Outros

Em 2015, o químico Roy Lowry (à esq.) reproduziu o canhão na Universidade de Plymouth

propunham que o conjunto de bolas, ao ser ejetado, formaria um vácuo parcial que arrastaria o barril. Uma terceira explicação era mais complexa. A garrafa de nitrogênio seria colocada flutuando em água. A explosão lançaria as bolas para o alto ao mesmo tempo que pressionaria a água contra o fundo e as paredes do tonel. Ao recuar, a água puxaria o barril para cima, fazendo-o saltar.

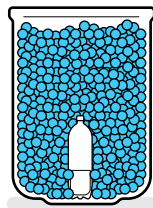
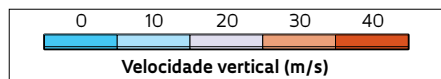
As interpretações explicavam a ascensão do barril em certas condições, mas, segundo os pesquisadores, não eram essenciais para o fenômeno. O barril decolava mesmo sendo de metal e com um fundo rígido. O grupo também não via razão para que o estouro criasse vácuo, uma vez que o ar deslocado é rapidamente preenchido por nitrogênio. Se o vácuo fosse essencial, o barril continuaria saindo do chão mesmo sem as bolas, o que não ocorre. A terceira explicação, para ser válida, exigiria que o tonel inicialmente estivesse distante do chão ou que o piso fosse de material elástico – em muitos experimentos, o barril está sobre um chão rígido e sem água. “Buscávamos uma explicação geral”, conta Nasato, hoje pesquisador na Universidade Técnica de Munique, na Alemanha.

O grupo começou a pensar no assunto em 2011, quando Gallas viu o vídeo pela primeira vez. Ele chegava à Universidade de Erlangen-Nurembergue, Alemanha, para um período como professor visitante e levou o assunto a uma discussão informal de temas da física, o *kaffee seminar*. Thorsten Pöschel, diretor do Instituto de Simulações em Multiescalas da universidade, achou a questão interessante. Como Gallas, ele é especialista no comportamento de materiais granulares (grãos de areia, alimentos e minérios) e suspeitou que o barril saltasse em decorrência de um efeito conhecido na área: o entupimento.

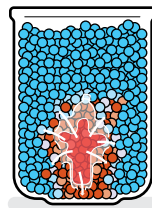
Como não era possível medir todas as forças em ação no experimento, partiu-se para as simulações computacionais. Parteli, hoje na Universidade de Colônia, Alemanha, fez as primeiras, confirmando a suspeita inicial. No entanto, as simulações com os parâmetros do experimento de Plymouth (quantidade de bolas, dimensões e propriedades delas e do barril) tiveram de esperar até a chegada de Nasato a Erlangen para um estágio de pós-doutorado. Nasato, então, obteve resultados realistas, que reproduziram corretamente a altura a que o barril subia.

## Um canhão intrigante

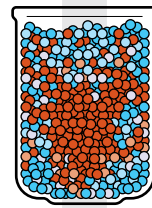
Atrito entre as bolas de pingue-pongue e entre elas e a parede do recipiente explica por que tonel salta



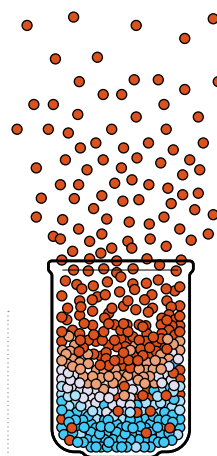
1 Inicialmente em estado líquido, o nitrogênio absorve energia do ambiente e vira gás, expandindo de modo explosivo



2 A explosão empurra para baixo o barril e para o alto as bolas próximas (vermelhas), que se chocam com as mais acima (azuis)



3 Quando o gás escapa, a troca de forças entre as bolas, decorrente do atrito, forma um tampão que se desloca para o alto e arrasta o barril



4 Depois que as bolas do topo escapam, o tampão se desfaz. A gravidade, então, freia o tonel, que volta ao chão

FONTES PÖSCHEL, T. ET AL. AMERICAN JOURNAL OF PHYSICS. 2019

Com a explosão, as bolas próximas à garrafa são ejetadas a alta velocidade e se chocam com as das camadas mais superiores, que são empurradas para cima e entopem a passagem. A troca de forças entre as bolas, decorrente do atrito, forma o que os físicos chamam de cadeias de força e faz com que, por uma fração de segundo, elas se comportem como um objeto rígido e único – como uma grande rolha – se deslocando a alta velocidade. O atrito entre esse tampão e a parede do barril o arrasta para o alto, até que as bolas do topo escapem e deixem passar as demais.

Não é só isso que explica a ascensão do tonel. Ela também ocorre porque a aceleração das bolas para o alto e a troca de forças entre as bolas e a parede do barril ocorrem em momentos distintos. Logo após a explosão, a expansão do nitrogênio empurra, ao mesmo tempo, tanto as bolas para o alto quanto o fundo do tonel para baixo, o que o manteria no chão. No entanto, depois que o gás escapa e a força exercida por ele cessa, as bolas formando o tampão continuam se deslocando para o alto por inércia. É nesse momento que o atrito entre elas e a parede do barril o arrasta para cima. Após subir por algum tempo, a gravidade desacelera o barril, que volta ao chão.

Para Allbens Atman, físico do Centro Federal de Educação Tecnológica (Cefet) de Minas Gerais e estudioso de meios gra-

nulares, a explicação surpreende. Primeiro, por mostrar que o sistema formado por barril, bolas e garrafa de nitrogênio não está isolado do ambiente, como alguns poderiam pensar. “A temperatura do ambiente ao redor, bem superior à do nitrogênio líquido, fornece a energia que gera a explosão”, explica. “Isso desfaz o paradoxo aparente, que, no primeiro momento, nos leva a perguntar de onde vem a força que ergue o barril.” Segundo porque o atrito é necessário e suficiente para arrastar o barril. Nas simulações, removido o atrito entre as bolas ou entre elas e a parede do barril, o tonel não saía do chão.

“Entender o papel do atrito na interação de materiais granulares pode gerar aplicações industriais”, conta Nasato. Na área farmacêutica, pode ajudar a projetar melhores sistemas de transporte pneumático (por tubos com fluxo de ar) de materiais que não podem ser contaminados, reduzindo o risco de entupimento e quebra do equipamento. Também pode auxiliar no cálculo da velocidade ideal de alimentação dos altos-fornos de refinarias de minério e na produção de pós ultrafinos para a produção de novos materiais. ■

Ricardo Zorzetto

### Artigo científico

PÖSCHEL, T. *et al.* Ping-pong ball cannon: Why do barrel and balls fly in the same direction? *American Journal of Physics*. v. 87, n. 4, p. 255-63. abr. 2019.

Avançam as pesquisas em busca de uma carne feita de células animais ou de plantas com as características sensoriais do produto de origem bovina

## Bife de

Suzel Tunes

**M**aior exportador mundial de carne bovina, o Brasil dá os primeiros passos na corrida por um mercado que tem atraído dezenas de milhões de dólares nos últimos anos, o de produtos alternativos à carne, mas com as mesmas características sensoriais. Existem duas rotas para se alcançar esse objetivo: a produção de carne em laboratório a partir de células-tronco de animais, também conhecida como carne limpa ou *in vitro*, e a criação de um produto à base de proteínas vegetais que emule a carne vermelha. Em maio deste ano, o empreendedor carioca Marcos Leta colocou no mercado o Futuro Burger, um hambúrguer vegetal que promete ter a aparência e o gosto de carne bovina. Fundador dos sucos Do Bem, o empresário é dono da foodtech Fazenda Futuro, responsável pela novidade, vendida a cerca de R\$ 17 a bandeja com duas unidades.

Leta segue o caminho trilhado por empresas estrangeiras que já comercializam alternativas vegetais ao produto de origem animal, conhecidas como *plant-based meat* (carne produzida à base de plantas). Os ingredientes do Futuro Burger são formados por proteína isolada de soja, de grão-de-bico e de ervilha. A cor avermelhada é conferida por suco de beterraba. Segundo Leta, não é só na aparência que o alimento é parecido com a carne de origem animal, mas também no sabor, textura e aroma. Uma língua artificial, equipamento eletrônico composto de sensores gustativos que imitam o funcionamento do órgão humano, foi utilizada no processo. “O valor nutricional também é muito similar”, diz Leta. Esse resultado foi obtido por meio da análise, com a ajuda de inteligência artificial, das melhores combinações de proteínas e lipídios de origem vegetal.



Futuro Burger, a novidade da foodtech Fazenda Futuro

LÉO RAMOS CHAVES



## ■ Pioneiro

O Futuro Burger é o primeiro hambúrguer vegetal fabricado no país que emula carne vermelha

# laboratório

## ◆ Ingredientes

A base do produto é formada por proteína isolada de soja, grão-de-bico e ervilha



2

## ■ Aparência

Sua cor avermelhada, imitando sangue, é conferida pela adição de suco de beterraba



3

## ◆ Valor nutricional

Com ajuda de inteligência artificial, a empresa pesquisou a melhor combinação de proteínas e lipídios



4

## ■ Mercado em alta

Nos Estados Unidos, a venda de produtos de origem vegetal similares à carne chegou a US\$ 670 milhões no primeiro semestre de 2018

## ◆ Carne limpa

Além de hambúrgueres veganos, outra rota para criar novos produtos é investir na fabricação de carne a partir de células-tronco de animais



5



Além dos vegetarianos, o objetivo é atingir quem busca se alimentar de forma ecologicamente sustentável. Estudo divulgado pelo Observatório do Clima, em 2016, mostrou que o setor agropecuário responde por 69% das emissões de gases de efeito estufa no Brasil. “Queremos mostrar que é possível revolucionar a indústria alimentícia sem gerar impactos negativos no ambiente”, destaca Leta.

Durante o projeto, a empresa teve consultoria da organização norte-americana The Good Food Institute (GFI), especializada no desenvolvimento de proteínas alternativas. “Trabalhamos para criar um sistema de alimentos mais sustentável, saudável e justo. Nosso time de cientistas, empreendedores e especialistas em políticas públicas atuam para que a indústria de alimentos passe a usar produtos feitos de plantas ou de células de animais”, explica Felipe Krelling, coordenador de Inovação e Pesquisas do GFI no Brasil.

Novidade no Brasil, o hambúrguer vegetal que imita carne bovina existe há três anos nos Estados Unidos. A Beyond Burger foi a primeira empresa a ter seu hambúrguer à base de plantas vendido em redes de supermercados naquele país. Este ano, tornou-se a primeira fabricante de carne vegetal com ações na bolsa norte-americana Nasdaq. Além de hambúrguer, ela vende carne moída e salsicha preparadas mediante uma combinação de fontes proteicas vegetais.

Já a startup californiana Impossible Foods deu um passo além. A cor vermelha de seu hambúrguer vem de uma proteína similar à hemoglobina, produzida por engenharia genética. Os pesquisadores da empresa usam um componente da hemoglobina, o grupo heme, que confere a cor vermelha de carne crua e o cheiro característico exalado durante o cozimento. Raízes de

Equipe de pesquisa e desenvolvimento da israelense Aleph Farms

plantas leguminosas têm o grupo heme em uma proteína de estrutura e função muito semelhantes à hemoglobina, a leg-hemoglobina.

Com base nesse conhecimento, os cientistas da Impossible Foods criaram um método de produção em alta escala do grupo heme, extraíndo-o de raízes da soja. Por meio de engenharia genética, eles modificaram a levedura *Pichia pastoris* para que ela produzisse leg-hemoglobina de soja e a cultivaram em fermentadores para multiplicar a proteína (ver infográfico na página 74).

#### HAMBÚRGUER IN VITRO

Os empreendedores que investem no cultivo de células-tronco de bovinos para criar carne sintética, também chamada de *cell-based meat* (carne feita de células), têm um argumento ainda mais contundente para atrair os amantes de um bom bife: o

que eles fazem não é simplesmente algo parecido com carne, mas a própria carne. O primeiro hambúrguer *in vitro* nasceu na Universidade de Maastricht, na Holanda, a partir das pesquisas do fisiologista Mark Post.

Os estudos se iniciaram em 2008 e o resultado foi apresentado cinco anos depois durante uma coletiva de imprensa realizada em Londres. Naquela ocasião, três pessoas que provaram o hambúrguer – o próprio Post e dois especialistas em gastronomia – concordaram que a carne estava um pouco seca e pobre em sabor, devido à falta de gordura na composição, segundo o jornal *The New York Times*.

O processo desenvolvido por Post parte da extração de células-tronco bovinas de um fragmento de tecido muscular do animal. Essas células indiferenciadas multiplicam-se em um meio de cultura contendo nutrientes e fatores de crescimento, transformando-se em fibras musculares. Cerca

Hambúrguer *in vitro* da Universidade de Maastricht, na Holanda





de 20 mil finas tiras de tecido muscular combinam-se para formar um hambúrguer com cerca de 140 gramas. A produção em escala industrial será feita em um biorreator (*ver infográfico abaixo*).

O hambúrguer holandês custou € 250 mil (R\$ 1,1 milhão), financiados principalmente por Sergey Brin, cofundador do Google. A fim de colocar o produto no mercado, o pesquisador criou a empresa Mosa Meat, nascida como uma spin-off da Universidade de Maastricht. Em julho de 2018, para continuar o desenvolvimento do produto e iniciar sua comercialização, a startup captou € 7,5 milhões do Bell Food Group, líder no mercado de carnes na Suíça, e da holandesa M Ventures.

No final do ano passado foi a vez da israelense Aleph Farms anunciar que criou o primeiro bife cultivado em laboratório. Didier Toubia, CEO da empresa, contou para *Pesquisa FAPESP* que a decisão de pesquisar carne cultivada a partir de células animais surgiu em 2016. O projeto se concretizou na Faculdade de Engenharia Biomédica do Instituto de Tecnologia de Israel (Technion).

O custo do protótipo, uma pequena tira de bife de algumas dezenas de gramas, foi de US\$ 50, valor ainda bastante alto quando comparado ao da carne vendida em açougues, mas um avanço em relação ao despendido para a produção do

## O primeiro hambúrguer feito de células-tronco foi elaborado na Holanda e custou € 250 mil

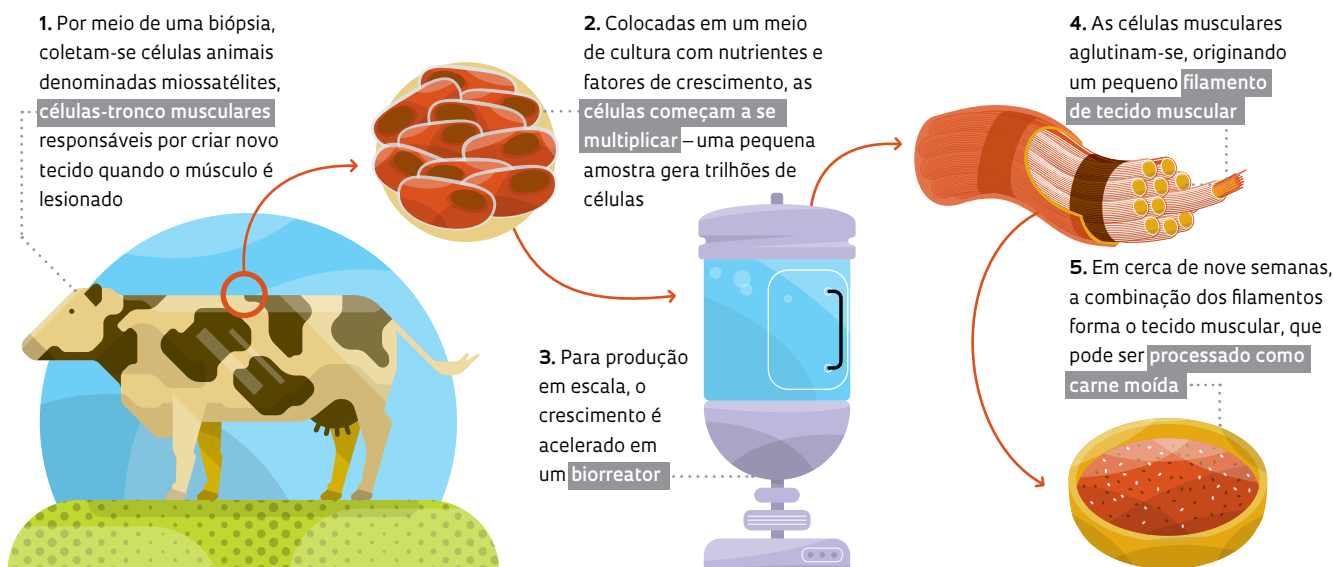
hambúrguer de Maastricht. A novidade deve chegar ao mercado em até cinco anos.

O processo de produção de um bife *in vitro* é mais complexo e requer que as células se organizem de forma tridimensional (3D), ganhando volume e, conseqüentemente, espessura. Para isso, é necessário colocá-las em uma estrutura que serve como suporte denominada *scaffold* (andaime), que normalmente é produzida a partir de colágeno, de origem animal. Mas para fabricar carne limpa é importante que não existam insumos animais nem procedimentos vinculados a eles. Esses pré-requisitos têm estimulado o surgimento de empresas que apresentem novas tecnologias. Uma das startups criada para fornecer *scaffolds* à base de plantas a essa indústria é a brasileira Biomimetic Solutions, uma spin-off nascida no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet-MG).

“Criamos um polímero sintético à base de plantas. Somos uma das primeiras empresas no mundo especializada na produção de *scaffolds* com foco na produção de carne limpa”, afirma Lorena Viana, mestrandia em inovação pela UFMG e uma das fundadoras da startup, juntamente com as engenheiras de materiais Ana Elisa Antunes e Alana Benzo e duas pesquisadoras do Cefet-MG, Aline Bruna da Silva e Roberta Viana. “Decidimos focar nosso negócio no mercado de carne *in vitro*, no qual temos poucos concorrentes diretos”, ressalta Viana, diretora comercial do negócio. Mosa Meat e Aleph Farms já desenvolvem seus próprios *scaffolds*.

## Receita *in vitro*

Conheça as principais etapas da carne moída produzida em laboratório



A fim de estimular a agricultura celular — campo em que se insere o desenvolvimento de carne cultivada em laboratório —, foi criada nos Estados Unidos em 2016 a Sociedade de Agricultura Celular (CAS). “Em todo o mundo, apenas a América Latina ainda não desenvolveu projetos de carne *in vitro*”, diz Matheus Saueressig, aluno de ciências da computação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e diretor de Comunicações da CAS na América do Sul. “O Brasil é o maior processador de proteína animal do mundo e corre o risco de perder esse novo mercado”, alerta.

Startups dedicadas à pesquisa e à fabricação de carne limpa, segundo Saueressig, vêm recebendo investimentos de empresas de capital de risco, de bilionários, como Richard Branson e Bill Gates, que têm participação na Memphis Meat, com sede na Califórnia, e de multinacionais do setor alimentício, entre elas Cargill, Bell Food Group e Tyson Foods. Ao apoiar os novos fabricantes de carne limpa, os grandes processadores de carne bovina querem colocar um pé nesse mercado para não ficarem de fora caso o negócio dê certo.

Por enquanto, as alternativas vegetais dominam o promissor mercado de possibilidades à carne bovina. Um estudo da consultoria Nielsen revelou que os norte-americanos gastaram US\$ 670 milhões em produtos de origem vegetal similares à carne no primeiro semestre de 2018 — veganos e vegetarianos representam apenas 5% da população do país. Negócios dedicados à produção de carnes baseadas em células-tronco miram um mercado bem maior. A carne bovina deverá ser

responsável por uma receita de US\$ 2,1 trilhões em todo o mundo até 2020, conforme a consultoria norte-americana Grand View Research.

#### DESAFIOS À VISTA

Apesar das boas perspectivas, já há reações. O termo “carne limpa”, por exemplo, é contestado tanto por veganos quanto por pecuaristas. Os primeiros são contra o uso do adjetivo “limpa” quando há qualquer tipo de uso de células extraídas de animais, enquanto a indústria de proteínas animais se opõe ao emprego da palavra “carne” por temer a concorrência. A Associação de Pecuaristas dos Estados Unidos pleiteou ao Departamento de Agricultura que produtos não derivados de animais criados ou abatidos sejam impedidos de ser descritos como bife ou carne — com isso, querem diferenciar o alimento que produzem da novidade que está entrando no mercado. Um dos maiores desafios das novas empresas não é comercial, mas científico: elas precisam garantir que o processo de produção não faça uso de nenhum componente de origem animal.

No primeiro hambúrguer *in vitro*, Mark Post usou soro bovino fetal para nutrir as células-tronco. Hoje, tanto a Mosa Meat quanto a Aleph Farms garantem que não utilizam mais ingredientes derivados de animal. Para o médico veterinário Flávio Vieira Meirelles, da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA-USP), no entanto, é muito difícil substituir aminoácidos, proteínas, açúcares, vitaminas e fatores de crescimento encontrados

## O segredo do Impossible Burger

O hambúrguer vegetal da empresa californiana leva um ingrediente especial, a leg-hemoglobina de soja, que confere cor e aroma de carne vermelha





Fábrica da Impossible Foods: investimento em pesquisa

no sangue animal por substâncias isoladas de plantas. “Existem alternativas ao soro fetal, mas também têm origem animal. E há várias outras substâncias retiradas de animais envolvidas nas diferentes etapas do processo”, avalia. “Deve levar tempo até que se consiga fazer cultivo celular em escala industrial com um custo viável que seja completamente livre de produtos de animais.”

Algumas foodtechs, como as norte-americanas Just e Memphis Meats, investem para produzir carne em laboratório sem fazer nem mesmo uma simples biópsia no animal. Essas empresas usam células-tronco coletadas de penas do animal para produzir carne de frango. A Just comercializa alimentos vegetais alternativos aos de origem animal, como maionese. A Memphis Meats, por sua vez, dedica-se à pesquisa de diversos tipos de carne em laboratório, incluindo frango e pato.

#### MESMA TEXTURA

Liz Specht, diretora associada de Ciência e Tecnologia do GFI nos Estados Unidos, provou a carne de pato – feita a partir de células-tronco – da Memphis Meat, em 2017. “O que mais me impressionou foi a textura. Quando você morde fibras musculares, percebe uma elasticidade própria, e a carne baseada em células que comi tinha a mesma qualidade”, contou ela logo depois da experiência, segundo informou a própria GFI. “A carne estava empanada e tinha um molho. Por isso, foi um pouco difícil avaliar o sabor dela em si, mas a textura era inconfundível.”

Outro desafio dos fabricantes de carne *in vitro* é provar que o produto seja seguro ao consumo humano. “Eles terão de identificar claramente quais as substâncias são empregadas no processo de diferenciação celular, comprovando a seguran-

ça e a qualidade nutricional”, pondera a bioquímica Viviane Abreu Nunes Cerqueira Dantas, da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP.

A pesquisadora vê com desconfiança a alegação, comum entre as startups do setor, de que a carne de laboratório, ao contrário do produto oriundo de abate, dispensa o uso de antibióticos. “Em um primeiro momento, a produção de carne *in vitro*, em grande escala, não poderá prescindir do uso de antibióticos para o cultivo das células. Desconheço, entretanto, quais outras substâncias estariam sendo usadas com esse mesmo efeito no contexto da produção da carne de laboratório”, avalia. Segundo Dantas, os produtos cárneos, particularmente aqueles que passam por maior manipulação, constituem um excelente meio de cultura de microrganismos devido à elevada umidade, ao pH próximo da neutralidade e à composição rica em nutrientes.

Felipe Krelling, da GFI, informa que antibióticos podem ser utilizados por um período curto para minimizar riscos de contaminação ao separar uma linha celular de uma biópsia, caso ela esteja contaminada por alguma bactéria. “Não há nenhuma necessidade de se utilizar antibióticos em qualquer outro processo de produção. Já existe tecnologia na indústria de bioprocessos que pode ser adotada por empresas *cell-based* para se obter um ambiente livre de antibiótico para a proliferação de células”, declara Krelling. ■

#### Artigo científico

LYNCH, J. e PIERREHUMBERT, R. Climate impacts of cultured meat and beef cattle. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 19 fev. 2019.

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



O avião agrícola Ipanema é a plataforma do projeto

1

# Voos mais limpos

Embraer e WEG formam parceria para desenvolver sistema de propulsão elétrica para aeronaves

Domingos Zapparoli

**N**o futuro, a aviação será mais ecoeficiente. Consumirá menos combustível fóssil, emitindo quantidades menores de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, e também irá gerar menos ruídos, diminuindo a poluição sonora. A propulsão elétrica será a responsável por esses avanços. Essa é a aposta das principais empresas aeronáuticas do mundo, como a norte-americana Boeing e o consórcio europeu Airbus. No final de maio, a brasileira Embraer entrou na corrida do desenvolvimento dessas aeronaves ao anunciar uma parceria com a multinacional catarinense WEG, especializada na fabricação de motores elétricos (ver Pesquisa FAPESP n° 279).

O acordo, por ora, é de cooperação científica e tecnológica. De longo prazo, o projeto prevê o desenvolvimento conjunto de eletrificação aeronáutica, testes em laboratórios e ensaios em condições reais de voo. A WEG fornecerá o *powertrain* para as aeronaves, ou seja, o sistema de tração

elétrica formado por motores e inversores de frequência. A bateria será adquirida de terceiros. Esse componente ainda é um obstáculo para o setor por causa de sua baixa densidade energética (razão entre peso e energia gerada), o que obrigaria o uso de uma grande quantidade de baterias.

De acordo com Manfred Peter Johann, diretor superintendente da WEG Automação, a companhia já fornece sistemas de *powertrain* para navios, trens, ônibus e caminhões e precisará adequá-los para aviões. “O projeto revelará quais desafios deverão ser superados”, afirma. Os ensaios de laboratório devem ocorrer ainda em 2019 e os voos testes em 2020.

O protótipo usará como plataforma um monomotor, o avião agrícola EMB-203 Ipanema. Segundo o engenheiro André Gasparotti, diretor de Desenvolvimento Tecnológico da Embraer, a aeronave será uma base de demonstração tecnológica, sem o objetivo, no curto prazo, de se tornar um produto comercial. A propulsão do protótipo será

100% elétrica e a autonomia de voo de aproximadamente 30 minutos. A parceria poderá evoluir para o estudo de propulsão híbrida, conjugando motores elétricos e máquinas térmicas no sistema de propulsão. No futuro, deverá contemplar aviões maiores. Para Gasparotti, a eletrificação estimulará inovações no design das aeronaves, tornando-as mais eficientes. “Hoje a inovação tem sido, em geral, incremental, mas poderemos partir para novos patamares.”

Uma possibilidade que a indústria avalia como promissora é a propulsão distribuída. Os aviões modernos são usualmente equipados com motores sob as asas; no caso dos monomotores, na parte da frente. São propulsores de grande porte, o que exige uma estrutura condizente com seu peso. A propulsão distribuída prevê o uso de vários motores elétricos de pequeno ou médio porte, instalados em pontos diferentes das asas ou em outras partes do avião. A distribuição de peso abre possibilidades aerodinâmicas, como asas menores, mais estreitas e flexíveis. Alguns motores podem ser acionados apenas no pouso ou na decolagem.

Outra linha de pesquisa promissora busca difundir o uso de energia elétrica a bordo da aeronave, substituindo a energia hidráulica empregada no acionamento de alguns mecanismos, e a instalação de motores elétricos nas rodas do avião para a movimentação em solo. Uma das vantagens esperadas com a introdução dessas novas tecnologias é a redução do

## Airbus e Boeing também têm projetos de aviões com motorização elétrica

peso de certos subsistemas, resultando em economia de combustível ou energia.

Para o economista Marcos José Barbieri Ferreira, coordenador do Laboratório de Estudos das Indústrias Aeroespaciais e de Defesa da Universidade Estadual de Campinas (LabA&D-Unicamp), a eletrificação de motores veiculares é uma das tecnologias mais disruptivas da atualidade e a parceria entre as empresas pode inserir o Brasil em um novo cenário. “A WEG poderá se posicionar em um mercado exigente e com poucos concorrentes, o de fornecedores de motores de aeronaves”, opina. “E a Embraer terá chance de se reposicionar globalmente no nicho de pequenas e médias aeronaves com uma tecnologia inovadora.”

A aviação é responsável por 2% das emissões mundiais de CO<sub>2</sub>, de acordo

com a Organização de Aviação Civil Internacional (Icao), e a tendência é de que esse percentual suba. Em 2018, 4,3 bilhões de passageiros viajaram de avião e estima-se que o número seja duplicado em 15 ou 20 anos. Os aviões são um dos meios de transporte mais poluentes. Lançam na atmosfera 285 gramas (g) de CO<sub>2</sub> por passageiro e quilômetro, enquanto carros emitem 158 g e os trens 14 g.

Em 2016 a Icao criou um mecanismo mundial de compensação de emissões de CO<sub>2</sub> a fim de estabilizar as emissões do setor no patamar de 2020. A Associação Internacional de Transporte Aéreo (Iata), por sua vez, assumiu, desde 2008, compromissos referentes à redução de emissões de gases de efeito estufa. Desde então, novas gerações de aviões apresentam ganhos de eficiência energética entre 15% e 25% graças a melhorias em motores, aerodinâmica e uso de materiais leves.

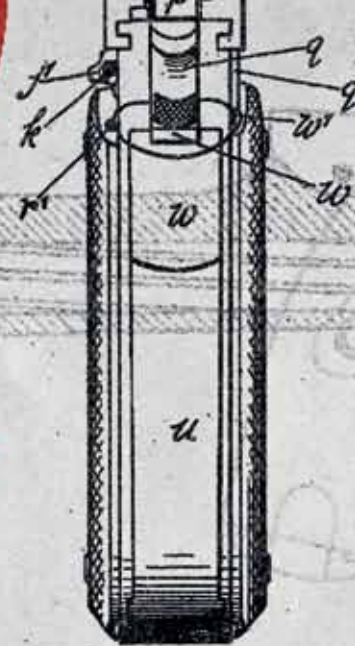
Para especialistas da Icao, os avanços mais significativos só deverão ocorrer com a substituição, parcial ou total, dos combustíveis fósseis. A eletrificação da propulsão dos motores, segundo a organização, deverá se tornar viável na década de 2040. A troca do querosene de aviação pela eletrificação, segundo Gasparotti, pode vir a gerar um ganho de 40% a 50% em eficiência energética.

Existem cerca de 100 programas de aeronaves elétricas em desenvolvimento no mundo. A Boeing trabalha há alguns anos no SUGAR Volt, um sistema de propulsão híbrido com motor elétrico e a combustível fóssil. A companhia quer lançar entre 2030 e 2050 os primeiros jatos com essa tecnologia. A Airbus planeja realizar no próximo ano os primeiros testes de voo de sua aeronave híbrida E-Fan X, feita em parceria com Rolls-Royce e Siemens. O E-Fan X terá propulsão de três turbinas e um motor elétrico. A venda de jatos híbridos deve ocorrer em 2035.

Na América Latina, o primeiro voo coube ao Sora-e, em 2015 (ver Pesquisa FAPESP nº 234). O bimotor de dois lugares foi desenvolvido pela ACS-Aviation, de São José dos Campos, interior de São Paulo, em parceria com a Itaipu Binacional. Após os ensaios de voo, o desenvolvimento foi congelado, informa Alexandre Zaramella, presidente da ACS-Aviation. A empresa decidiu priorizar outro projeto, de uma aeronave elétrica semiautônoma de decolagem e pouso vertical. ■



Ilustração do modelo elétrico E-Fan X, que a Airbus planeja lançar em 2035



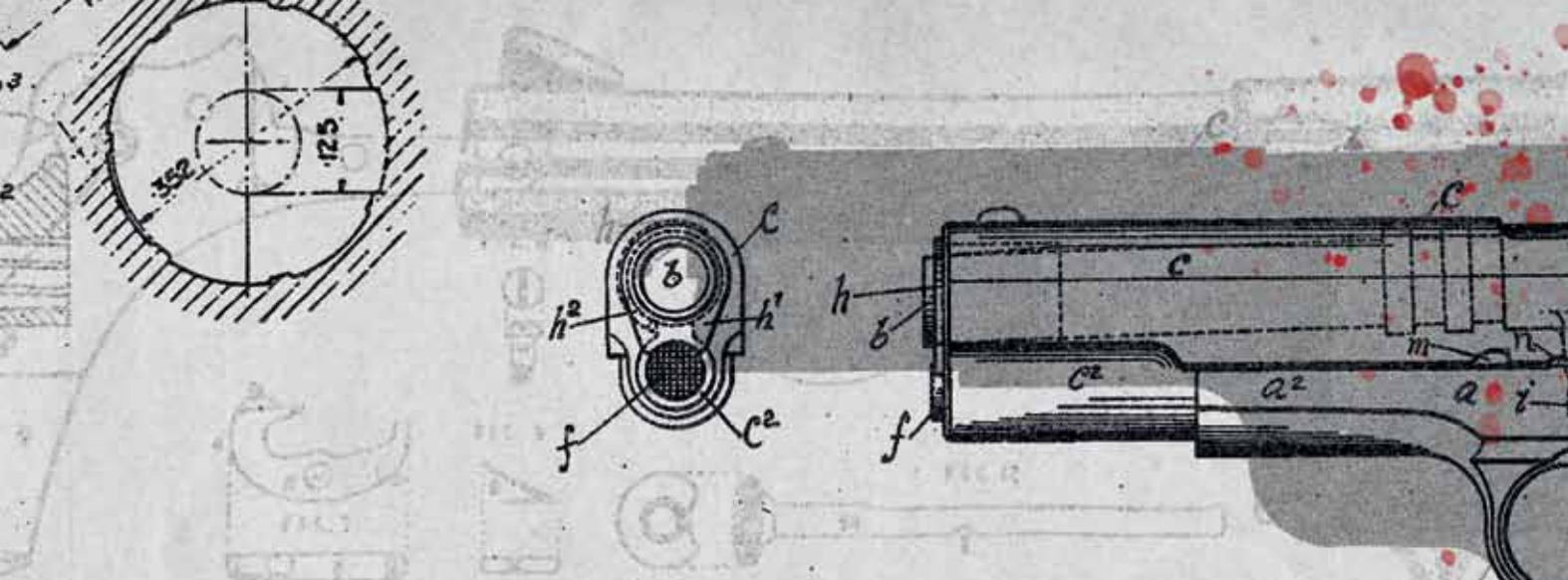
# DESARMANDO A

# VIOLÊNCIA

Redução das taxas de homicídio no país passa pela restrição do acesso a armas de fogo, indicam novos estudos

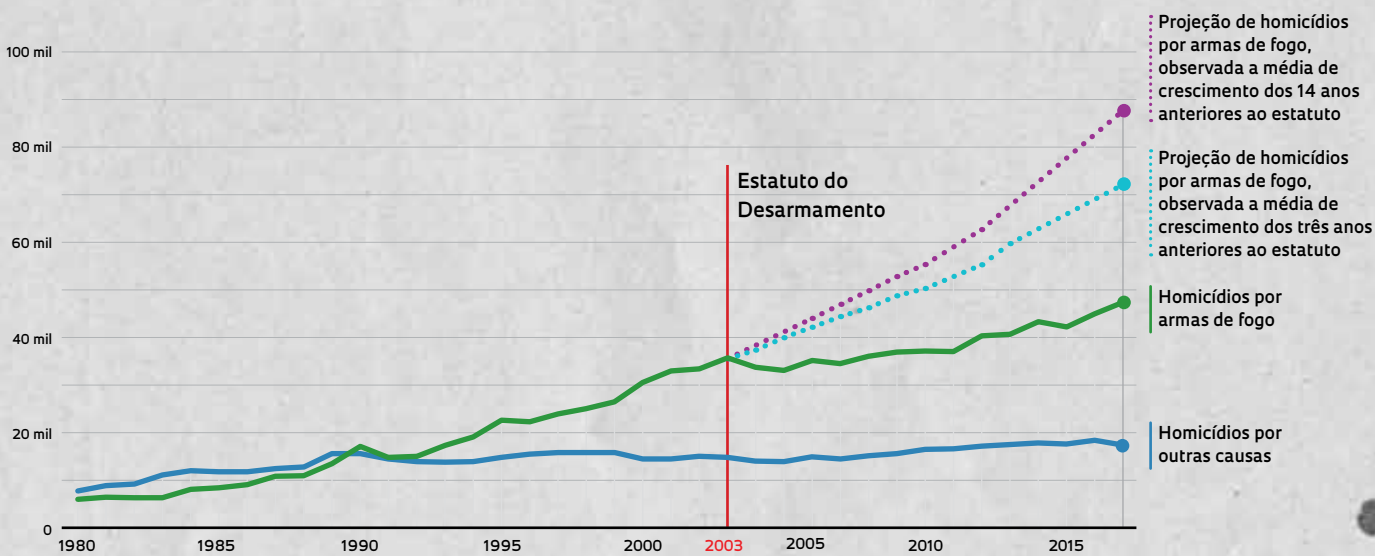
Christina Queiroz

Entre 1990 e 2015 cerca de 2,5 milhões de pessoas morreram em decorrência de ferimentos provocados por armas de fogo no Brasil, Colômbia, Estados Unidos e México. O dado é de estudo desenvolvido por instituições canadenses, publicado em maio na *Lancet Public Health*. O trabalho indica também que a mortalidade por armas de fogo é maior nos países em que seu acesso é facilitado. No intervalo de tempo pesquisado, a mortalidade por armas de fogo decresceu nos Estados Unidos – embora continue entre as mais altas do mundo – e na Colômbia e aumentou no México e no Brasil, que desde 2003 tem uma legislação restritiva em relação ao acesso, mas no qual ainda há um grande contingente de armas em circulação. Em 2017, os prejuízos causados no Brasil pela violência chegaram a R\$ 373 bilhões, ou 6% do Produto Interno Bruto (PIB), revela o *Atlas da Violência*, recém-divulgado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) e pelo Fórum Brasileiro de Segurança Pública (FBSP).

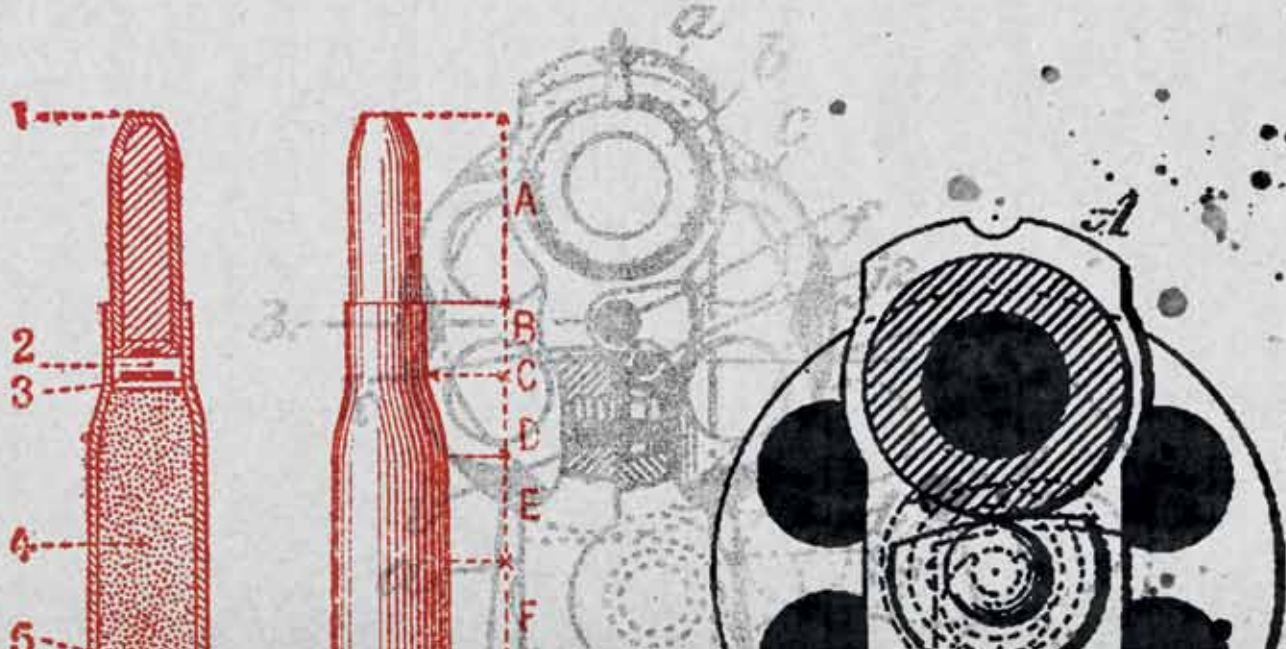


# Mortes violentas no Brasil

Sem o Estatuto do Desarmamento, taxa de homicídios por armas de fogo teria sido 12% mais alta, entre 2003 e 2017



FONTES SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE MORTALIDADE (SIM) / DIEST / IPEA / FBSP



“O Brasil é o país com a maior quantidade de assassinatos no mundo, em números absolutos. Só em 2017 foram 65,6 mil homicídios; 74,4% dessas mortes foram causadas por armas de fogo”, informa Bruno Paes Manso, cientista político e pesquisador do Núcleo de Estudos da Violência da Universidade de São Paulo (NEV-USP), ao lembrar que o percentual médio correspondente na Europa é de 18%. Segundo a pesquisa “Mortalidade global por armas de fogo”, realizada pelo Institute for Health Metrics and Evaluation, com dados de 195 países em um intervalo de 16 anos, o Brasil lidera o ranking, somando 43,2 mil assassinatos por armas de fogo apenas em 2016. Em seguida estão os Estados Unidos, com 37,2 mil mortes.

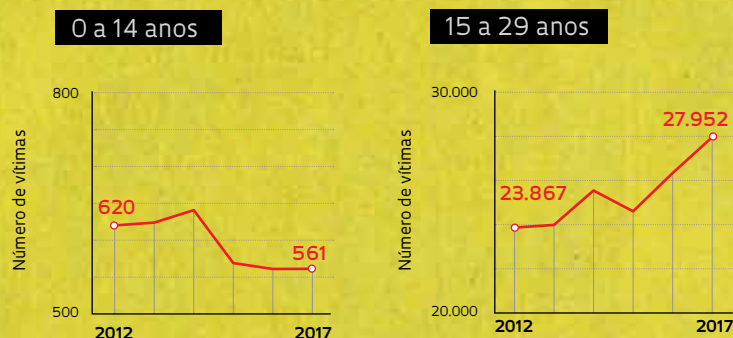
São múltiplas as razões que permitem compreender a alta incidência de mortes por armas de fogo no Brasil. Uma delas envolve o acelerado processo de urbanização do país, entre as décadas de 1970 e 1980. O crescimento exponencial das cidades foi acompanhado por crises econômicas, pelo aumento da desigualdade e da criminalidade. “A partir da década de 1980, houve uma espécie de corrida armamentista”, observa o economista Daniel Cerqueira, do Ipea. “Naquela época, era possível adquirir armas em lojas de departamento”, recorda. Progressivamente aumentaram os homicídios por armas de fogo. Assim, se em 1980 esses assassinatos atingiram 6,1 mil pessoas no país, em 2000, somavam 30,8 mil mortes, conforme levantamento do Ipea feito com base no Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) do Ministério da Saúde.

Preocupadas com a escalada da violência, diferentes unidades da federação, entre elas São Paulo, passaram a discutir medidas de restrição ao acesso a armas de fogo. Em 2003, foi aprovada a Lei Federal nº 10.826, conhecida como Estatuto do Desarmamento, para restringir o porte e regulamentar a posse de armas de fogo (ver quadro na página 81). Dados do Instituto Sou da Paz indicam que, entre 1997 e 2003, 926 mil armas de fogo foram comercializadas no país – uma média de 132 mil unidades ao ano. A partir de 2004, a média anual caiu para 53 mil unidades.

Desde então, a taxa média anual de crescimento de assassinatos por armas de fogo vem caindo no país. “Com o advento do estatuto, houve uma quebra de tendência na velocidade de crescimento das mortes por armas de fogo. Se nos 23 anos anteriores

## Jovens vítimas fatais de armas de fogo

A faixa etária com mais mortos por arma de fogo é a de 20 a 29 anos, com 19.076 óbitos em 2017



FONTE: SIM

à lei esse avanço era de 8,1% ao ano, a partir de 2004 passou a ser de 2,2% anuais, até 2014”, relata Cerqueira, ao estimar em 133 mil as vidas preservadas. O economista não tem dúvidas a respeito do papel desempenhado pela legislação. “Se a quebra de tendência tivesse sido causada por fatores externos ao estatuto, como razões macroeconômicas ou demográficas, o país teria observado efeitos similares nos indicadores de violência letal perpetrada por outros meios, o que não ocorreu, mas apenas nas mortes causadas por arma de fogo e exatamente após 2003”, analisa. “Sem o estatuto, a taxa de homicídios no país entre 2003 e 2017 teria sido, no mínimo, 12% mais alta”, estima (ver gráfico na página 79).

Para identificar o caminho percorrido por armas legalmente comercializadas, o Instituto Sou da Paz rastreou, em sua mais recente pesquisa, realizada em Goiás, o itinerário de 8,9 mil unidades apreendidas pela polícia, entre junho de 2016 e dezembro de 2017. “Identificamos que 73% das armas haviam sido fabricadas antes da aprovação do estatuto, o que indica que o armamento da população, nas décadas de 1980 e 1990, segue causando impacto na violência do país até hoje”, argumenta Bruno Langeani, advogado do instituto. Também se constatou que pelo menos um terço das armas apreendidas no estado tinha registro legal, antes de elas serem desviadas para atividades criminosas. Em outro estudo realizado em São Paulo, pela mesma organização não governamental em parceria com o Ministério Público, foram analisadas 4,2 mil armas apreendidas em roubos e homicídios, em 2011 e 2012. “Pelo menos 38% delas tinham origem legal”, conta Langeani.

À constatação semelhante chegou uma Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) instituída em

74%

DOS HOMICÍDIOS NO BRASIL EM 2017 FORAM CAUSADOS POR ARMAS DE FOGO



2011 pela Assembleia Legislativa do Rio de Janeiro. De acordo com a CPI das Armas, em uma década foram extraviadas cerca de 18 mil armas, somente de empresas de segurança privada no estado. A CPI também realizou o rastreamento de armas utilizadas em crimes e assassinatos, identificando que 86% delas apresentavam origem legal e foram desviadas para fins criminosos. “Segundo dados do Sistema Nacional de Armas [Sinarm] do Ministério da Justiça, 22,9 mil armas de fogo foram perdidas ou extraviadas entre 2009 e 2011, e 29,3 mil foram furtadas ou roubadas”, informa Cerqueira, do Ipea. Os dados, enfatiza ele, são claros: “Quanto maior o número de armas de fogo em circulação, maior a migração de armamento para o mercado ilegal”. Langeani vai na mesma direção. “O fato de as apreensões feitas pela polícia envolverem principalmente armas de fabricação nacional, que são produzidas e vendidas legalmente no país, reforça a hipótese de que a maioria em circulação no mercado ilegal tinha registro legal e não entrou por meio de contrabando.”

#### IMPACTO NO ORÇAMENTO

A última edição do *Atlas da Violência*, do Ipea, mostra que o prejuízo de R\$ 373 bilhões ocasionado em 2017 pela violência no país é composto de múltiplos gastos, que envolvem, dentre outros, o sistema prisional, a segurança pública e privada, e o Sistema Único de Saúde (SUS). No caso do SUS, somente as internações motivadas por ferimentos com armas de fogo custaram R\$ 190 milhões aos cofres públicos, entre 2015 e 2018 (ver gráfico na página 83). “A saúde pública absorve os efeitos da violência armada, que acabam drenando recursos que poderiam ser utilizados à aquisição de novas tecnologias e medicamentos”, enfatiza o sociólogo José Ferdinando Ramos Ferreira, coordenador do Grupo Temático Violência e Saúde da Associação Brasileira de Saúde Coletiva (Abrasco). Ele lembra que a vítima de arma de fogo, quando sobrevive, necessita de atendimento quase sempre complexo, com internação e sucessivos tratamentos e terapias que possibilitem sua recuperação física e mental. “Custos por ferimentos à bala são elevados porque muitas vezes exigem a realização de cirurgias e internações em terapia intensiva. Podem atingir múltiplos órgãos e demandar a colocação de prótese, por exemplo”, analisa o médico Danilo Blank, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e integrante do Departamento de Segurança da Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP).

Um dos pontos de atenção da SBP em relação à violência armada envolve o crescimento da letalidade entre a população jovem. “A principal vítima da violência homicida no Brasil é a juventude. Na faixa etária entre 15 e 25 anos, o cres-

## Leis e armas

Regulamentação pelo Estado começou na década de 1930 e enfrenta hoje grande desafio

### 1934

Decreto Presidencial nº 24.602, assinado por Getúlio Vargas (1882-1954), regulamenta a fabricação e venda de armas de guerra pelo Estado e proíbe que a atividade seja desenvolvida por empresas privadas, que foram autorizadas a produzir exclusivamente armas destinadas à caça. A lei não trata do uso civil de armas e munição.

### 1965

Decreto nº 55.649 revoga a legislação de Vargas e regulamenta a produção, o comércio e a circulação de armas e munições, que passam a integrar o rol de produtos exportáveis do país. As polícias civis dos estados ficam encarregadas do registro do porte e posse de armas.

### 1980

Portaria nº 1.261 do Ministério do Exército regulamenta a comercialização e o registro de armas de fogo. Maiores de 21 anos, sem antecedentes criminais e com profissão definida, adquirem o direito de comprar até três armas por ano, observado o limite total de seis unidades.

### 1997

Com a criação do Sistema Nacional de Armas, a fiscalização da compra e do uso de armas e munições torna-se responsabilidade exclusiva da Polícia Federal, que passa a exigir comprovação de “efetiva necessidade” para autorizar sua posse. Enquadrado até então como contravenção penal, o porte não permitido de arma de fogo passa a ser considerado crime. A responsabilidade pela fiscalização do armamento particular de policiais, juízes e colecionadores continua sendo das Forças Armadas.

### 2003

Promulgação da Lei Federal nº 10.826, conhecida como Estatuto do Desarmamento. O Exército torna-se o principal responsável pelo controle envolvendo fabricação, importação e registro de armas. Cabe à Polícia Federal autorizar a compra, o registro e a posse de armas pela população civil, que fica proibida de portar armas.

### 2019

Sucessivos decretos presidenciais flexibilizam regras de aquisição, cadastro, registro, porte e vendas de armas de fogo e munição do Estatuto do Desarmamento.

FONTE INSTITUTO SOU DA PAZ



cimento da letalidade por armas de fogo é maior do que no resto da população”, relata o médico, referindo-se aos resultados do *Mapa da Violência*, estudo da Faculdade Latino-Americana de Ciências Sociais (Flacso), de 2016. De acordo com essa pesquisa, nos últimos 30

anos o número de assassinatos por arma de fogo nessa parcela da população saltou de 3,1 mil para 25 mil, o que representa um crescimento de 700%. Na população geral o aumento foi de 600%. “No período em análise, os jovens brasileiros de 15 a 29 anos corresponderam a 60% de todos os mortos por armas de fogo”, lamenta Blank. Ao considerar o processo de transição demográfica pelo qual passa o Brasil, em que a população com mais de 60 anos deve chegar a 67 milhões até 2050, Blank revela preocupação com o impacto que as taxas de homicídio entre a população jo-

R\$ 210

MILHÕES FORAM GASTOS PELO SUS  
COM INTERNAÇÕES DE CRIANÇAS E  
JOVENS FERIDOS POR ARMAS NOS  
ÚLTIMOS 20 ANOS

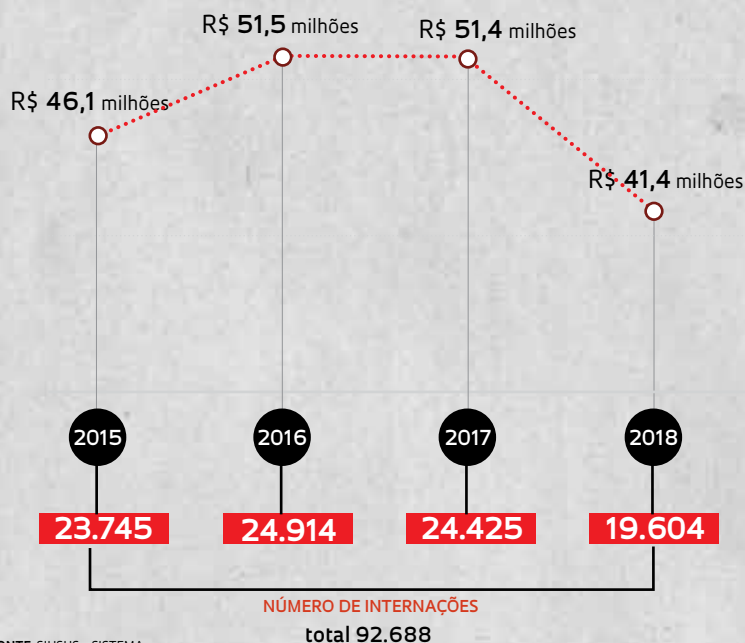
vem podem ter na economia do país. “A transição demográfica e os percentuais elevados de mortes entre a faixa etária mais jovem afetarão a população economicamente ativa”, alerta.

De acordo com levantamento da SBP, baseado em dados do SIM do Ministério da Saúde, nas últimas duas décadas mais de 145 mil crianças e jovens de até 19 anos morreram em consequência de disparos de arma de fogo – acidentais ou intencionais, incluindo casos de suicídio. “Apenas em 2016, foram registradas mais de 9 mil mortes nessa faixa etária”, diz Blank. Nos últimos 20 anos, segundo o pesquisador, as internações de crianças e adolescentes resultantes de ferimentos provocados por disparos de armas de fogo custaram cerca de R\$ 210 milhões aos cofres públicos. “Até os 14 anos de idade, os traumatismos no trânsito são a principal causa de morte”, observa. “Dos 15 aos 30 anos, são as mortes por armas de fogo.”

Ao evidenciar que nos últimos 25 anos disparos por armas de fogo constituíram causa persistente de mortalidade no Brasil, no México, na Colômbia e nos Estados Unidos, o estudo publicado pela *Lancet Public Health*, sob a coordenação de Anna J. Dare e Hyacinth Irving, pesquisadoras do Centre for Global Health Research da Dalla Lana School of Public Health, da Universidade de Toronto, Canadá, defende que a redução do acesso e circulação de armas de fogo deveria constituir a estratégia central dos quatro países para diminuir a ocorrência de homicídios. Para sustentar o argumento, o trabalho menciona, dentre outros, revisão bibliográfica publicada em 2016 na *Epidemiologic Reviews*, editada pela Oxford University Press, por pesquisadores das universidades Columbia, de Nova York, Nacional de Colômbia e de Boston. Nessa revisão, os autores voltaram a analisar os dados de 130 estudos científicos, realizados entre 1950 e 2014, com informações de 10 países, que examinaram associações entre leis relacionadas a armas de fogo e homicídios por armas de fogo, além de suicídios, lesões e mortes não intencionais. A partir dos resultados, o estudo coordenado por Dare e Irving

# Gastos do SUS

Internações causadas por ferimentos de armas de fogo custaram R\$ 190 milhões aos cofres públicos, entre 2015 e 2018



FONTE SIHSUS – SISTEMA DE INFORMAÇÕES HOSPITALARES DO SUS

indica a existência de relação direta entre a adoção de leis para a restrição do acesso a armas de fogo e a diminuição de mortes por essas armas. Além da associação entre o acesso e a incidência de mortes por armas de fogo, o artigo publicado na *Lancet Public Health* chama a atenção para a principal vítima desse tipo de violência: homens jovens, negros e com baixa escolaridade.

Na década de 1990, o economista norte-americano John Lott Junior, presidente do Crime Prevention Research Center, desenvolveu um estudo na Universidade de Chicago para analisar a relação entre leis favoráveis ao porte de armas e as estatísticas de criminalidade em cerca de 3 mil municípios, entre 1977 e 1992. Chegou à conclusão de que estados que adotaram leis favoráveis ao porte teriam conseguido reduzir os homicídios em 8,5%. “Para interpretar os dados identificados na pesquisa, o autor elaborou uma hipótese segundo a qual as pessoas não cometem crimes violentos quando sabem que as outras estão armadas”, explica Bruno Paes Manso, do NEV-USP, um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) apoiados pela FAPESP.

Em 2017, pesquisadores da Universidade Stanford, também nos Estados Unidos, chegaram a resultados diferentes, utilizando metodologia que considerou os efeitos de múltiplos fatores, e não apenas a flexibilização do porte, na oscilação da

criminalidade nos estados. Entre os fatores considerados estavam as taxas de encarceramento, de presença policial, índices de pobreza, desemprego, densidade populacional, renda *per capita* e consumo de álcool. “Nessa pesquisa recente, constatou-se que estados que não flexibilizaram as leis para porte e posse de armas, como Califórnia e Nova York, alcançaram reduções maiores nos índices de criminalidade”, conta Manso. Além disso, o estudo de Stanford revelou que nos estados que flexibilizaram o porte os crimes violentos subiram entre 13% e 15%.

## O DIREITO INDIVIDUAL

Em junho, durante o lançamento da última edição do *Atlas da Violência*, Carlos von Doellinger, presidente do Ipea, argumentou a favor da posse de armas de fogo como direito individual, a ser exercido por cidadãos sem antecedentes criminais. “Há uma defesa do Estatuto do Desarmamento, porém, na minha posição pessoal, não estou falando como presidente do Ipea, acho que, por uma questão de princípio, me incomoda a impossibilidade de o cidadão ter uma arma em defesa da sua integridade física, do seu patrimônio, da sua propriedade e da sua família.”

Apesar de reconhecer a legitimidade dessa linha de argumentação, Cerqueira, também do Ipea, cita levantamento pioneiro, realizado em 1999 pela Secretaria de Segurança Pública do Estado de São Paulo e pelo Instituto Brasileiro de Ciências Criminais (Ibccrim), a partir de dados registrados em boletins de ocorrência. “Pelo histórico desses documentos, constatou-se que vítimas de assalto, quando armadas, apresentaram risco 56% a mais de serem mortas, se comparadas com vítimas desarmadas”, observa. A socióloga Jacqueline Sinhoretto, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), uma das autoras do estudo citado por Cerqueira, enfatiza que, em situações em que a vítima estava armada, o número de mortes nas ocorrências policiais mostrou-se mais elevado, incluindo pessoas que transitavam pela cena do crime.

No estudo das instituições canadenses, publicada na *Lancet Public Health*, a posse aparece como um dos principais fatores de risco para mortes por disparos de armas de fogo. Em sua conclusão, os autores do estudo defendem que a criação de mecanismos legais para reduzir a exposição da população civil a armamentos é crucial para diminuir a incidência de homicídios por armas de fogo. Além disso, afirmam que o desenvolvimento de estratégias que permitam desconstruir a associação entre segurança e posse de armas deve acompanhar essas medidas. ■

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



Favelas brasileiras, como as do Complexo do Alemão, no Rio, apresentam os números mais elevados de contaminação

# Tratamento

## REFORÇADO

Estudos identificam novas evidências de que programas de transferência de renda auxiliam no combate à tuberculose no Brasil

Rodrigo de Oliveira Andrade

A tuberculose ainda é um dos principais problemas de saúde pública no mundo. Apenas em 2017, 10 milhões de novos casos da doença foram registrados. Mais de 1,3 milhão resultou em mortes, segundo estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS). No Brasil, cerca de 70 mil novos casos da doença são registrados todos os anos, de acordo com o Ministério da Saúde. A população de baixa renda, que vive em condições precárias de moradia e saneamento, é a mais afetada. Apesar do cenário desanimador, o Brasil vem apresentando resultados que indicam avanços em relação ao controle e à redução da doença. Dados do Ministério da Saúde mostram uma diminuição da ordem de 19,3% na incidência de casos de tuberculose entre os anos de 2005 e 2014. Parte da explicação para essa queda pode estar na criação e implementação de programas de transferência de renda no início da última década, entre eles o Bolsa Família. A conclusão é de um grupo internacional coordenado pela epidemiologista Ethel Leonor Maciel, do Departamento de Enfermagem da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes).

Em artigo publicado em fevereiro na revista *PLOS ONE*, eles constataram que, além de atuar no combate às desigualdades socioeconômicas, o programa Bolsa Família também estaria contribuindo para o aumento das taxas de cura dos casos de tuberculose, auxiliando no combate à doença em várias regiões do Brasil. No estudo, os pesquisadores analisaram 25.084 casos de pessoas diagnosticadas com tuberculose, das quais 1.714 (6,8%) recebiam o benefício social. A análise baseou-se em dados oficiais do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan) do Ministério da Saúde registrados a partir de 2015, um ano após a pasta ter incluído em seu sistema de notificação um campo que lhes permite saber se as pessoas diagnosticadas com a doença recebem ou não o benefício social.

Maciel e sua equipe verificaram que 78% (1.331) das pessoas diagnosticadas com tuberculose atendidas pelo programa seguiram o tratamento até o fim, curando-se. No grupo dos doentes que não recebiam o benefício esse percentual foi de 68% (15.894). “Se considerarmos o efeito direto do Bolsa Família, independentemente de outros determinantes envolvidos no processo de tra-

tamento, como nível socioeconômico e doenças associadas, como diabetes e HIV, por exemplo, houve um aumento da ordem de 8% na taxa de cura entre os indivíduos que recebiam o benefício social em comparação àqueles que não o recebiam”, esclarece a epidemiologista Barbara Reis-Santos, pesquisadora do Laboratório de Epidemiologia da Ufes e uma das autoras do artigo na *PLOS ONE*. “Trata-se de um aumento expressivo em termos de tratamento”, comenta Maciel. “Um novo medicamento lançado no mercado que consiga atingir 5% de diferença em relação ao tratamento tradicional seria considerado revolucionário em termos epidemiológicos”, destaca a pesquisadora, que este ano foi eleita presidente da Rede Brasileira de Pesquisa e Combate à Tuberculose (Rede TB), criada em 2001 para aproximar pesquisadores de diversas áreas e intensificar os esforços e estratégias de combate à doença.

Os resultados do artigo reforçam os achados de outro trabalho, publicado pelas mesmas pesquisadoras em dezembro de 2018 na revista *Lancet Global Health*. Maciel e sua equipe, àquela época, entrevistaram e acompanharam 1.239 pessoas

com tuberculose provenientes de sete cidades espalhadas por todas as regiões do país. Os pesquisadores monitoraram cada um dos pacientes antes, durante e depois do tratamento. Dos indivíduos analisados, 196 (16%) recebiam o Bolsa Família.

Em busca de avaliação mais acurada, os pesquisadores desenvolveram um modelo capaz de comparar indivíduos dos dois grupos levando em conta características semelhantes, como idade, estado de saúde, gênero, índice de massa corporal, condições de moradia, acesso a saneamento, entre outros. “Ao parear indivíduos com as mesmas variáveis, sendo a única diferença entre eles o fato de que um recebia o Bolsa Família e o outro não, verificamos que a taxa de cura da tuberculose era 7,8% superior entre as pessoas que tinham o benefício”, destaca Reis-Santos. Apesar dessas evidências, Maciel esclarece que ainda não é possível estabelecer uma correlação direta de causa e efeito. “Como o sistema de notificação do Ministério da Saúde sobre as pessoas diagnosticadas com tuberculose que recebem o benefício social só começou em 2015, ainda não é possível avaliar o impacto do Bolsa Família na queda da incidência de casos da doença no período anterior.”

#### TUBERCULOSE E POBREZA

A tuberculose é uma doença oportunista, transmitida pelo ar ou por meio de secreções nasais, tosses ou espirros de pessoas infectadas com a bactéria *Mycobacterium tuberculosis*, identificada pelo médico germânico Heinrich Robert Koch (1843-1910) em meados de 1882. O bacilo atinge sobretudo os pulmões. Em alguns casos também afeta os ossos e o sistema nervoso. Perda de apetite, tosse seca persistente por mais de três semanas, irritação e cansaço são alguns dos sintomas característicos da doença. Pela similaridade, com frequência se confunde com pneumonia ou gripe comum. Há muito o tratamento para a doença é oferecido gratuitamente pelo Sistema Único de Saúde (SUS), à base de rifampicina e de outros três medicamentos, a isoniazida, a pirazinamida e o etambutol.

Ainda assim, o Brasil segue entre os 30 países com maior incidência de casos da doença no mundo, segundo dados do *Global tuberculosis report 2018* da OMS. O desafio maior envolve a prevenção. “A

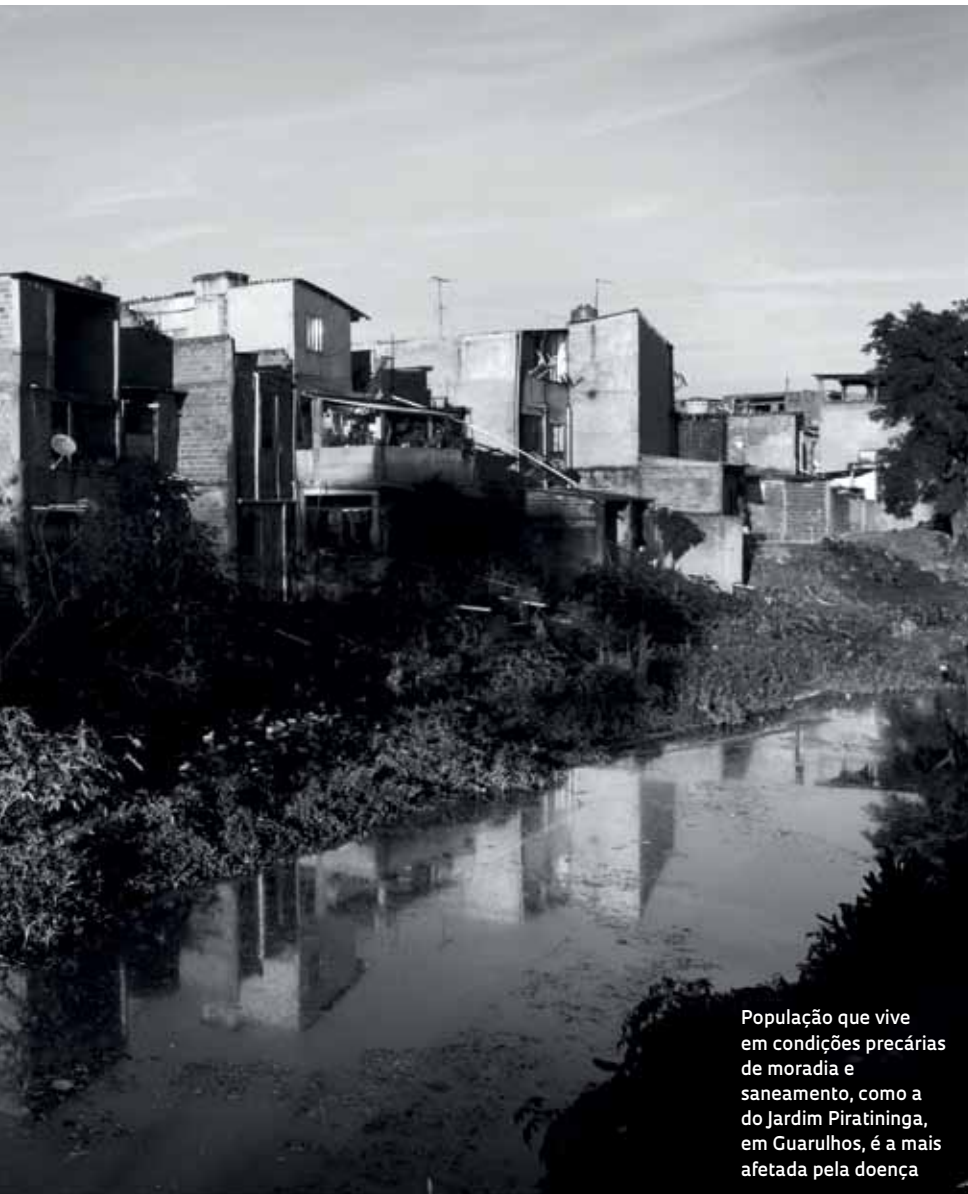
bactéria se dissemina mais facilmente em áreas de grandes aglomerações de pessoas e de alta concentração de pobreza, onde os ambientes são fechados, sem entrada de luz solar ou circulação de ar”, esclarece o farmacêutico Kaio Vinicius Freitas de Andrade, pesquisador do Departamento de Saúde da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). “Não por acaso, as favelas brasileiras, como a Rocinha e as do Complexo do Alemão, no Rio de Janeiro, são as que apresentam os números mais elevados de contaminação”, completa Andrade, que desde o doutorado estuda o impacto dos programas de proteção social na redução dos casos de tuberculose. “A associação entre pobreza e tuberculose é evidente na distribuição global da doença, de tal modo que os 30 países com maior incidência de tuberculose são também aqueles com os maiores índices de desigualdade social e menor renda *per capita*.”

De acordo com Andrade, os estudos desenvolvidos pela equipe de Ethel Maciel e Reis-Santos seguem a mesma linha de outros trabalhos, desenvolvidos por pesquisadores brasileiros e de outros países. Em um deles, publicado em meados de 2016 na revista *BMC Infectious Diseases*, um grupo da Faculdade de Epidemiologia e Saúde da População da Escola de Higiene e Medicina Tropical de Londres, no Reino Unido, identificou evidências de que programas de transferência de renda, ou, de modo mais amplo, de assistência social, contribuíram para maior adesão ao tratamento entre indivíduos com tuberculose no Peru, Brasil, Equador e Moldávia, na Europa oriental, em comparação aos que não recebiam o benefício. Em outro trabalho, publicado em julho de 2017 na revista *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, pesquisadores brasileiros e britânicos observaram uma queda de 15,8% na incidência de casos de tuberculose entre os anos de 2004 e 2012 nos municípios com maior cobertura do Bolsa Família — ao todo, eles analisaram dados de 2.458 cidades do país.

O programa Bolsa Família foi lançado pelo governo federal em outubro de 2003, com o objetivo de melhorar a condição de vida de famílias que vivem em situação de pobreza e de extrema pobreza, isto é, com rendimento mensal entre R\$ 89 e R\$ 178 por pessoa. Segundo dados da Secretaria Especial do Desen-



**O Brasil está entre os 30 países com maior incidência de casos de tuberculose no mundo, segundo dados da OMS**



População que vive em condições precárias de moradia e saneamento, como a do Jardim Piratininga, em Guarulhos, é a mais afetada pela doença

volvimento Social do Ministério da Cidadania, responsável pela coordenação do programa, hoje 13,9 milhões de famílias brasileiras recebem o benefício, que pode variar entre R\$ 100 e R\$ 240 por mês.

#### ALIMENTAÇÃO E ACESSO À SAÚDE

Os pesquisadores ainda não sabem como as famílias usam esse dinheiro e de que modo exatamente isso estaria relacionado ao aumento das taxas de cura da tuberculose, mas trabalham com algumas hipóteses. Uma delas é que o benefício contribuiria para a melhora do estado nutricional dos integrantes dessas famílias. Isso ajudaria a aumentar a resistência dos doentes aos efeitos colaterais dos medicamentos usados no tra-

tamento, que costuma durar no mínimo seis meses, podendo, em alguns casos, estender-se até 18 meses. “As drogas anti-tuberculose agem de modo eficaz contra o bacilo responsável pela doença, mas podem desencadear efeitos colaterais como vômitos e diarreia, fatores relevantes para o abandono do tratamento”, destaca Ethel Maciel. Não raro, ao observarem melhora em seu estado geral, muitos pacientes desistem do tratamento. Em outros casos, interrompem o uso dos remédios, incompatível com o estilo de vida desregrado e quase sempre associado ao consumo de bebidas alcoólicas, cigarros e drogas ilícitas. O abandono do tratamento contribui para que a bactéria causadora da doença se torne mais resis-

tente aos medicamentos disponíveis. “O tratamento padrão representa um custo total de cerca de R\$ 400 por pessoa para o SUS. Se a cepa desenvolve resistência aos medicamentos usuais, esse custo pode subir muito, por envolver antibióticos que não são produzidos no Brasil.”

Os pesquisadores também trabalham com a possibilidade de que o benefício facilite o acesso dos indivíduos infectados às unidades básicas de saúde. A biomedica Joilda Silva Nery, do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia (UFBA), explica que o Bolsa Família é um programa de transferência condicionada de renda, de modo que, “para recebê-lo, as famílias precisam cumprir alguns compromissos, como manter as carteiras de vacinação atualizadas e assegurar o acompanhamento médico do desenvolvimento de crianças menores de 7 anos”. Segundo ela, ainda que o foco sejam as crianças, o benefício tende a aproximar toda a família do sistema de saúde, “favorecendo o diagnóstico precoce da tuberculose e ampliando as chances de cura dos infectados”.

É nesse sentido que os pesquisadores defendem a criação de um programa de proteção social específico para pessoas com tuberculose, constituído para diminuir a taxa de abandono do tratamento – hoje em torno de 10,8% para os casos novos no Brasil em 2018, acima do considerado epidemiologicamente razoável pela OMS – e aumentar as chances de cura. Eles também estão investigando o impacto de outros programas federais de mitigação da pobreza, como o Minha Casa, Minha Vida. A hipótese é que o programa habitacional melhoraria as condições de moradia de famílias de baixa renda, retirando-as de lugares propícios à contaminação por bactérias responsáveis pela tuberculose e outras doenças, como a hanseníase, também associada à pobreza. ■

---

#### Artigos científicos

REIS-SANTOS, B. *et al.* Tuberculosis in Brazil and cash transfer programs: A longitudinal database study of the effect of cash transfer on cure rates. *PLOS ONE*. v. 14, n. 2, p. 1-18, fev. 2019.

OLIOSI, J. G. N. *et al.* Effect of the Bolsa Família Programme on the outcome of tuberculosis treatment: A prospective cohort study. *The Lancet Global Health*. v. 7, n. 2, p. 219-26, dez. 2018.

BOCCIA, D. *et al.* Towards cash transfer interventions for tuberculosis prevention, care and control: Key operational challenges and research priorities. *BCM Infectious Diseases*. v. 16, n. 307, p. 1-12, jun. 2016.

# Muito mais do que um fotógrafo

Retrospectiva sobre Marc Ferrez traz registros de interlocução com a ciência e amplia conhecimento de sua obra

Glenda Mezarobba

Considerado um dos principais fotógrafos brasileiros do século XIX, Marc Ferrez (1843-1923) notabilizou-se, sobretudo, por registros da paisagem da cidade onde nasceu, o Rio de Janeiro. Desde que seu acervo foi adquirido pelo Instituto Moreira Salles (IMS), há pouco mais de duas décadas, aspectos pouco conhecidos de sua atuação vêm sendo revelados. Na exposição que está em cartaz na instituição, em São Paulo, amplia-se, por exemplo, a percepção sobre a cartografia do que produziu. Viajante intrépido, sabe-se agora que metade do que fotografou não guarda relação com a capital fluminense. Seus múltiplos interesses, inclusive pelo saber científico, também emergem da mostra que reúne mais de 300 itens, entre documentos e imagens, inclusive de outros fotógrafos, e fica aberta ao público até 25 de agosto.

“Ferrez foi o fotógrafo que mais se deslocou no país no século XIX. Não apenas fisicamente, mas também na fotografia”, conta Sergio Burgi, coordenador da área de fotografia do IMS e curador da retrospectiva, intitulada *Marc Ferrez: Território e imagem*. “Um dos nossos objetivos foi olhar a produção exatamente daquilo que ele realizou fora do Rio.” Um desafio e tanto, se considerada a dimensão do acervo pesquisado, de cerca de 9 mil imagens, que inclui um conjunto de 4 mil negativos em vidro, de grandes formatos. No total, o acervo de Ferrez, organizado pelo próprio

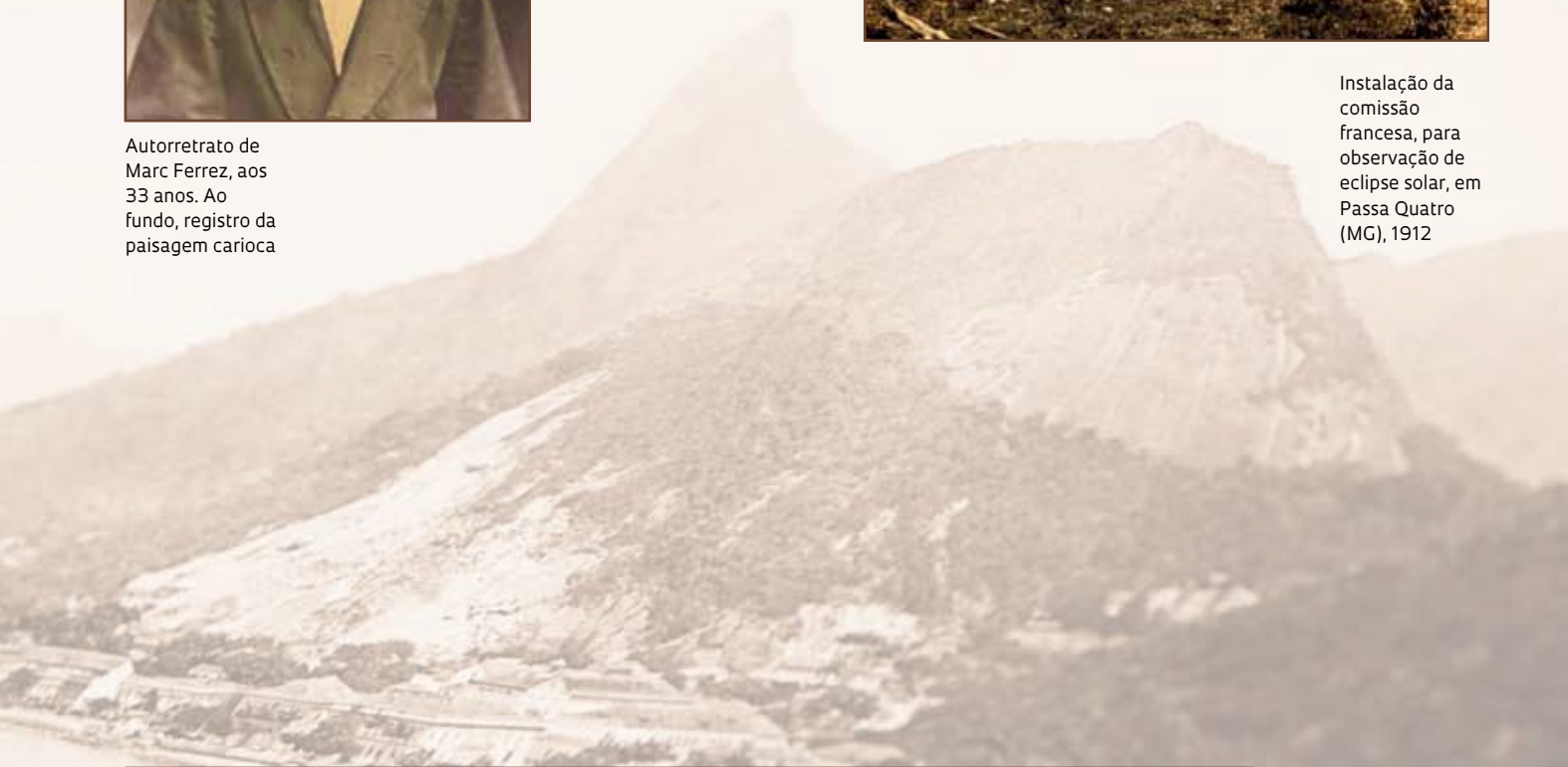




Autorretrato de Marc Ferrez, aos 33 anos. Ao fundo, registro da paisagem carioca



Instalação da comissão francesa, para observação de eclipse solar, em Passa Quatro (MG), 1912



Embarque do meteorito Bendegó, em Monte Santo (BA), em 1887

FOTOS 1 MARC FERREZ / ACERVO INSTITUTO MOREIRA SALLES  
2, 3 E 4 MARC FERREZ / ACERVO IMIS - REPRODUÇÕES LEO RAMOS CHAVES

fotógrafo a partir de 1873 e mantido por sua família até a aquisição pelo instituto, em 1998, soma 15 mil itens. “Queríamos tentar pensar sua câmera associada à documentação do território brasileiro”, explica Burgi. “No campo da paisagem social, por exemplo, Ferrez foi o primeiro a registrar os índios Botocudo, no sul da Bahia, e, no período que antecede a Abolição, produziu importante documentação sobre os indivíduos escravizados em fazendas de café, no Vale do Paraíba, expondo a brutalidade que o regime representou.”

“Foram dois anos de pesquisa, para a elaboração do livro. Quase um trabalho de detetive”, compara a historiadora Ileana Pradilla Ceron, responsável pelo núcleo de pesquisa em fotografia do instituto e por *Marc Ferrez: Uma cronologia da vida e obra*. “O que emerge, principalmente de seu trabalho nas grandes comissões e das empreitadas, é o retrato de um homem de sensibilidade e olhar especial.” Ceron explica que Ferrez não foi simplesmente um profissional que fotografou grandes obras de engenharia sob encomenda. “Ele conseguia concretizar, visualmente, um projeto de Brasil que estava na cabeça dos engenheiros, em um momento em que todos os homens de ciência eram engenheiros, e que dizia respeito à modernização do século XIX, início do XX.” De acordo com a historiadora, Ferrez não foi um fotógrafo de estúdio, tampouco autoral. “Foi um homem da razão científica. Suas fotos são organizadas com um olhar racional.”

Durante a pesquisa, ela descobriu, por exemplo, que muitas de suas fotografias foram encomendadas por companhias de estradas de ferro e feiras internacionais em que se vendia o “Brasil moderno”. “Não era um convite ao Ferrez, eram parcerias comerciais”, relata. Em 1875, o fotógrafo integrou



O fotógrafo carioca foi o primeiro a registrar índios Botocudo, no sul da Bahia

Fotografias de Ferrez foram apresentadas no pavilhão do Brasil, na Exposição Internacional de Filadélfia (EUA), em 1876

a Comissão Geológica do Império, chefiada pelo geólogo canadense-americano Charles Frederick Hartt (1840-1878). Ferrez, que se tornaria conhecido como o fotógrafo oficial da comissão, não participou de todas as viagens. Mas graças à farta documentação sobre sua vida, segue sendo possível reconstituir a empreitada, desenvolvida durante cerca de três anos. Guardado no Arquivo Histórico do Museu Nacional, o acervo da comissão propriamente dita foi destruído pelo incêndio que atingiu a instituição em 2018. Além das fotos do acervo de Ferrez, integram a retrospectiva do IMS dois álbuns originais, nunca exibidos no Brasil, pertencentes à coleção do Getty Museum de Los Angeles, Estados Unidos, que ilustram a primeira expedição realizada pela comissão.

Na exposição, a relação entre ciência e fotografia também aparece na interlocução que Ferrez manteve com astrônomos do Observatório Nacional e na tentativa frustrada de registrar, em 1912, um eclipse total do sol em Passa Quatro (MG). “Ferrez via a ciência e a tecnologia com otimismo e acreditava em seu poder transformador. Inclusive porque, com sua câmera fotográfica, foi testemunha privilegiada dessa transformação”, avalia Christina Helena Barboza. Pesquisadora do Museu de Astronomia e Ciências Afins (Mast) e professora na Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UniRio), Barboza destaca a troca de informações e experiências no campo da imagem entre Ferrez e o astrônomo e físico experimental Henrique Morize (1860-1930). “Particularmente no caso do raio X, acredito que Ferrez colaborou com Morize, que trouxe a novidade para o Brasil, poucos meses depois da sua descoberta, no início de 1896.” Para Burgi, Ferrez, permanentemente interessado em inovações, aportou técnica ao então incipiente processo de documentação científica. “Pioneiro, ele fez a grande interlocução entre fotografia e ciência.” ■



# Sobre as possibilidades de aprender

Bernardete A. Gatti



**O cérebro aprendiz:  
Neuroplasticidade  
e educação**  
Roberto Lent  
Atheneu  
148 páginas  
R\$ 101,70

Interessante é notar como nas construções do campo de conhecimentos sobre educação e processos de aprendizagem atravessamos momentos em que aspectos da condição biológica humana, sobretudo aspectos do funcionamento cerebral, tiveram predominância nos estudos relativos ao tema, passando-se posteriormente a valorizar muito mais os aspectos psicológicos e os sociais, sendo que teorizações nessa direção vêm dominando o cenário educacional. Suas contribuições têm sido importantes e isso tem se revelado em pesquisas e teorizações de variados portes.

Roberto Lent, em *O cérebro aprendiz*, mostra a importância de compreensões integradas da condição humana. Somos um conjunto de seres aprendentes, em variadas ambiências, em que, plasticamente, nosso sistema neural se modifica, por meio de mecanismos complexos, gerando novas condições de compreensão e ação. Este livro trata da aplicabilidade dos mecanismos da plasticidade neural à vida social, particularmente à educação, e suas contribuições à melhor qualificação dos processos de aprendizagem que podem redundar em melhores condições de vida.

Com linguagem clara e ilustrações que contribuem à compreensão dos processos tratados, é um livro de leitura acessível que não deixa de abordar a relação neuroplasticidade-educação com profundidade e rigor em seus fundamentos científicos. Segundo Lent, seu objetivo é mostrar a importância das pesquisas de caráter translacional, inspirada em sua utilização social.

A trajetória do texto nos permite percorrer desde a discussão do conceito de “ciência para a educação”, na qual o autor situa a neurociência educacional, indo para as raízes biológicas da aprendizagem e do ensino – a neuroplasticidade –, em que memória e consciência são tratadas, avançando para a interatividade dos neurônios e os circuitos aprendizes e como estes aprendem. Isso abre portas para a discussão de redes dinâmicas, ou seja, o conhecimento de como áreas cerebrais atuam como instrumentos em um concerto, tratando então das implicações da linguagem oral, da leitura, e como processos educacionais constroem essas redes.

Cautelosamente, o autor indica alguns limites que se mostram em estudos realizados nesse cam-

po, os quais relata, mas aponta também para novos estudos com metodologias mais complexas, longitudinais, que, juntamente com os demais estudos, vêm permitindo criar mapas sobre tipos de aprendizagens que põem em evidência a capacidade de transformação de nosso cérebro no tempo, a partir de intervenções sociais nas famílias, em ambientes educacionais estruturados ou em outras esferas, o que cria certas imponderabilidades quanto aos resultados, como afirma, seja para o bem ou não.

Isto posto, nos conduz a pensar nas crianças e seu desenvolvimento até a adolescência, chamando a atenção para os períodos sensíveis e críticos da infância – aqueles em que a possibilidade de aprendizagem, de incremento de uma função ou habilidade, apresenta-se de modo mais rápido, mais fácil, caracterizando-se por maior suscetibilidade biológica do cérebro. São momentos em que mecanismos de plasticidade cerebral estão particularmente mais sensíveis para o recebimento de estimulação do ambiente. Destaca, por exemplo, como pelo conhecimento que se tem nessa área se pode contribuir com a educação das crianças em creches, onde não só os cuidados cotidianos dos bebês são necessários, mas também um programa pedagógico que aproveite a oportunidade dos períodos críticos para intervenções educacionais que favoreçam seu desenvolvimento.

Termina enfatizando a mutabilidade do cérebro em suas relações com o meio ambiente, que também é mutável e dinâmico, tanto em seu espectro natural como no social, pontuando que a apropriação dos conhecimentos advindos dessa perspectiva pelos educadores pode ajudá-los a mudar, criar e implementar metodologias educacionais que facilitem a construção de ambiências e processos de aprendizagem mais efetivos e significativos.

Um livro que, sem dúvida, instiga muitas discussões, mas que traz contribuição à compreensão de processos neuroplásticos e sua relevância para fundamentar processos educacionais. Assinale-se sua configuração integradora entre processos biológicos, sociais e psicológicos, na perspectiva da pesquisa translacional.

Bernardete A. Gatti é pesquisadora colaboradora da Fundação Carlos Chagas.



Humboldt (*em pé, à esq.*) e o botânico francês Aimé Bonpland (*sentado*) aos pés do vulcão Chimborazo, no Equador, em quadro do pintor alemão Friedrich Weitsch

# Um ecologista no Novo Mundo

Naturalista Alexander von Humboldt viajou pelas Américas no início do século XIX e alertou sobre os impactos do homem no meio ambiente

Rodrigo de Oliveira Andrade

“Em oito dias lendo livros uma pessoa não aprende tanto quanto em uma hora de conversa com Humboldt”, disse o poeta Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), referindo-se ao naturalista alemão Alexander von Humboldt, após seu retorno de uma expedição de cinco anos pelo Novo Mundo, entre 1799 e 1804. Ao lado do botânico francês Aimé Bonpland (1773-1858), seu amigo, Humboldt visitou lugares que hoje fazem parte da Venezuela, Colômbia, Cuba, Equador, Peru e México, reunindo, registrando e estudando povos, artefatos e espécies de plantas então desconhecidas. Ele também empreendeu análises sobre a distribuição geográfica de algumas espécies da flora, migração de aves e características geológicas e mineralógicas, entre outros fenômenos naturais. Nos 250 anos de seu nascimento, historiadores

destacam a importância dos resultados de seus estudos e observações para o aprimoramento de áreas como zoologia e botânica, além da geologia e meteorologia.

Alexander von Humboldt (1769-1859) nasceu em uma família abastada da aristocracia do Reino da Prússia, atual Alemanha, com forte inclinação intelectual. “Ele viveu sua infância no famoso Castelo de Tegel, no norte de Berlim”, destaca Willi Bolle, professor de literatura da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). Foi lá que Alexander recebeu sua educação, assim como o seu irmão mais velho, Wilhelm von Humboldt (*ver box ao lado*).

Há muito Bolle estuda a trajetória e alguns dos principais trabalhos desenvolvidos por Humboldt a partir de sua expedição pelas Américas. “Como sempre se

mostrou interessado por assuntos ligados à natureza, ele decidiu estudar ciências naturais nas universidades de Frankfurt an der Oder e Göttingen após concluir seus estudos fundamentais”, conta Bolle. Em seguida, passou algum tempo na Escola de Minas de Freiberg, tendo depois trabalhado como funcionário público em um departamento de minas do governo prussiano. “Desde cedo Humboldt também se mostrava interessado em empreender expedições por regiões longínquas e pouco conhecidas do mundo”, comenta o germanista Marcus Mazzari, do Departamento de Teoria Literária e Literatura Comparada da USP.

Com a morte da mãe, em 1796, Humboldt e seu irmão herdaram uma fortuna, o que lhe permitiu largar seu

emprego no serviço público para se dedicar apenas à ciência. Pouco depois, ele se mudou para Paris, França, centro científico mundial à época. Lá iniciou o planejamento de sua viagem, financiada com recursos próprios. A permissão para embarcar rumo às colônias espanholas da América Central e do Sul veio no início de 1799. Humboldt e Bonpland saíram do porto de Corunha, Espanha, em junho daquele ano. Percorreram quase 10 mil quilômetros rumo à Cuba e, depois, ao México, mas uma febre generalizada ocorrida no navio forçou uma parada no porto de Cumana, na Venezuela (*ver mapa na página 94*).

Os naturalistas aproveitaram a parada para iniciar ali mesmo a expedição. Ficaram na



Reformas promovidas pelo filósofo levaram à criação da Universidade de Berlim, em 1810

## O outro Humboldt

Irmão mais velho do naturalista alemão estabeleceu as bases da universidade moderna

O filósofo e diplomata Wilhelm von Humboldt (1767-1835) foi o principal responsável por estabelecer as bases da universidade moderna. Após ser nomeado chefe da seção de religião e instrução pública do Ministério do Interior da Prússia no início do século XIX, ele implementou uma série de reformas no sistema educacional nos estados. As reformas faziam parte de um projeto mais amplo do governo, que tinha como objetivo fazer de seu reino uma nação forte e moderna.

O conceito de educação, para Humboldt, estava associado a uma tradição alemã antiga, na qual filosofia e educação articulavam-se em um processo de aperfeiçoamento das aptidões e faculdades, visando, ao mesmo tempo, o desenvolvimento pessoal e a formação de uma nação. Essa ideia será colocada na base das reformas humboldtianas, as quais também levaram à criação da Universidade de Berlim, em 1810.

O modelo de universidade que Humboldt havia imaginado, no entanto, ainda não incluía o treinamento prático em laboratório. Pelo contrário, previa um currículo dedicado à ciência teórica “pura”, focada na matemática e na física. A mudança fundamental se deu entre 1840 e 1870, após a morte de Humboldt, com a introdução da pesquisa no âmbito universitário e a profissionalização da carreira docente.

Essa mudança impulsionou uma concepção de ciência que procurava articular a busca pelo conhecimento puro e o treinamento dos estudantes. Com a introdução desse modelo, a função do professor universitário foi reformulada. Até então, exigia-se que ele dominasse o conhecimento em sua área e que fosse capaz de transmiti-lo a seus alunos. A partir de então, passou-se a exigir que o docente fosse também pesquisador, capaz de produzir novos conhecimentos, além de transmiti-los aos discípulos. Esse modelo logo se disseminou por outras universidades europeias e chegou mais tarde aos países do Novo Mundo.



Retrato do naturalista feito por Weitsch em 1806

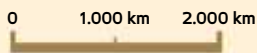
# Na rota das Américas

Com recursos próprios, Humboldt embarcou na Espanha em uma expedição de cinco anos pelo Novo Mundo

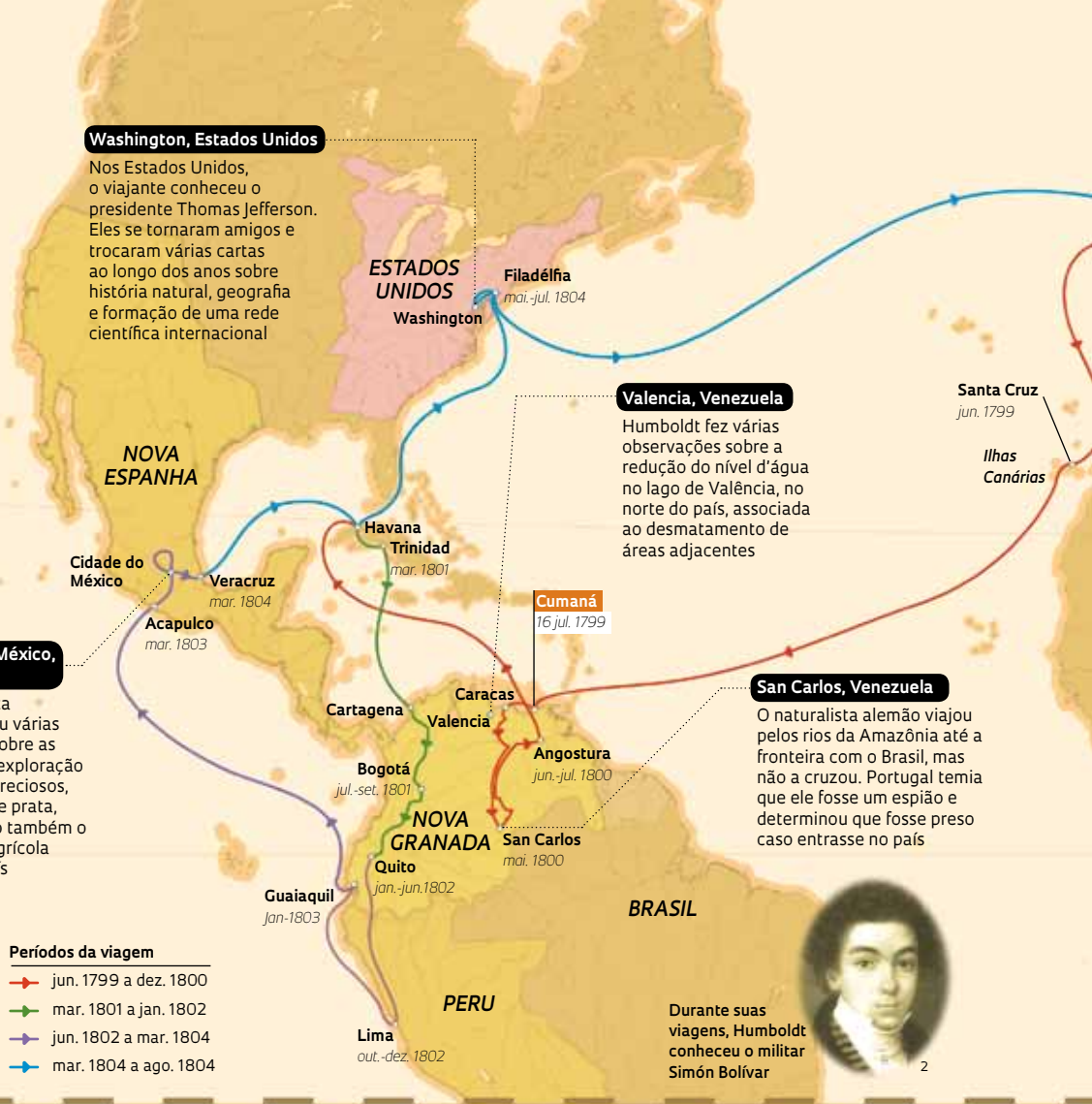
O naturalista alemão e o botânico francês Aimé Bonpland coletaram mais de 5 mil espécies de plantas. Muitas foram identificadas e descritas durante a viagem



Um dos desenhos feitos por Humboldt com base em suas observações



Períodos da viagem	
	jun. 1799 a dez. 1800
	mar. 1801 a jan. 1802
	jun. 1802 a mar. 1804
	mar. 1804 a ago. 1804



Durante suas viagens, Humboldt conheceu o militar Simón Bolívar

Venezuela por 16 meses, durante os quais exploraram a região dos llanos e as florestas tropicais às margens do rio Orinoco, viajando até a fronteira com o Brasil, sem, no entanto, cruzá-la. O Brasil ainda pertencia ao Reino de Portugal, que temia que Humboldt fosse um espião, de modo que as autoridades no Rio de Janeiro, a mando de dom João VI (1767-1826), determinaram que o naturalista fosse preso caso entrasse no país.

Ainda na Venezuela, Humboldt fez observações sobre a redução do nível d'água no lago de Valência, no norte do país, provocado, segundo ele, pelo intenso e

sistemático desmatamento das áreas adjacentes praticado pelos habitantes da região. A suspeita tinha como base a ideia de que as florestas eram capazes de enriquecer a atmosfera com umidade, reter as águas da chuva e evitar a erosão do solo. "As expedições permitiram a Humboldt elaborar a noção de que a natureza era regida por um sistema interdependente, cujos fenômenos e forças 'entrelaçam-se entre si e em um só todo se amalgamam', como escreveu seu amigo Goethe", destaca Mazzari. "Essa ideia ajudaria a dar origem ao conceito de 'ecologia', ainda que o termo em si tenha sido cunhado mais tarde pelo zoólogo

alemão Ernst Haeckel [1834-1919], em 1866." Mazzari acaba de concluir o livro *A dupla noite das tílias: História e natureza no Fausto de Goethe*, previsto para ser publicado em setembro pela Editora 34. Nele, o pesquisador faz algumas aproximações entre aspectos ecológicos presentes nos estudos de viagem de Humboldt e na obra de Goethe. Já à época Humboldt fez alertas sobre a interferência humana no clima e de que isso poderia ter impactos imprevisíveis no futuro. Da Venezuela, Humboldt seguiu viagem para Cuba em dezembro de 1800; de lá, para Cartagena, na Colômbia, em março de





**IMAGENS**  
1 Alexander von Humboldt, Plantes équinoxiales recueillies au Mexique, Paris: F. Schoell, 1808-09  
2 Autor desconhecido, 1800, Fundación John Boulton, Caracas

## Humboldt tinha uma formação universal e humanista e desenvolveu estudos em várias áreas do conhecimento até o fim da vida

Na biblioteca, em Berlim, trabalhando no livro *Cosmos*

1801, onde iniciou sua expedição pelos Andes da Colômbia, do Equador e do Peru ao longo de 20 meses. De Guayaquil, no Equador, ele seguiu para o México, onde fez pesquisas sobre o mapeamento de áreas para exploração de metais preciosos, como ouro e prata. Embora as informações estatísticas de Humboldt sobre a riqueza mineral do México sejam impressionantes, ele teve o cuidado de enfatizar que a principal fonte das riquezas do país era a sua agricultura.

O período em que Humboldt empreendeu sua expedição foi marcado por profundas transformações na geopolítica europeia e nas Américas. No Velho Mundo, as tropas de Napoleão Bonaparte (1769-1821) avançavam pela Europa. Os Estados Unidos haviam conquistado sua independência do Reino Unido havia pouco tempo, em 1783. Ao mesmo tempo, cresciam os movimentos abolicionistas. “Humboldt havia internalizado os ideais da Revolução Francesa e criticou duramente a escravidão nas colônias espanholas”, destaca Bolle. “Em 1804 ele conheceu o militar Simón Bolívar (1783-1830), então com 21 anos, com o qual discutiu o fim da escravidão e a libertação das colônias espanholas nas Américas.”

Em sua ida aos Estados Unidos, Humboldt conheceu Thomas Jefferson (1743-1826), então presidente daquele país. O encontro resultou em uma frutífera amizade. “Ambos trocaram muitas cartas ao longo dos anos sobre temas de interesse mútuo, como história natural, geografia e formação de uma rede científica internacional”,

destaca Bolle. De volta à Europa, aos 35 anos, Humboldt se estabeleceu em Paris, onde escreveu e publicou, em francês e alemão, uma vasta coleção de livros com relatos de suas viagens. O primeiro foi *Quadros da natureza*, em 1808. “Nele, Humboldt vai além da descrição científica das plantas, animais e paisagens, apresentando também reflexões sobre a natureza em termos estéticos, contemplativos, a partir dos quais o naturalista exibe um discurso em defesa do meio ambiente e sua ecologia”, esclarece Bolle.

Nos anos seguintes, Humboldt publicou *Relação histórica de uma viagem às regiões equinociais do Novo Mundo*, no qual descreve as viagens pela região litorânea, savanas e florestas da Venezuela. Por volta de 1809, publicou *Vistas das cordilheiras e monumentos dos povos indígenas da América*; no ano seguinte, *Ensaio político sobre o Reino da Nova Espanha*. O naturalista empreenderia nova expedição pela Rússia e Ásia Central em 1829. Na viagem, destaca Mazzari em seu livro, o naturalista apontou para o perigo de desertificação do mar de Aral e para uma elevação na temperatura do planeta. Estas seriam decorrentes, em grande parte, de atividades do próprio homem.

“Humboldt tinha uma formação universal e humanista e desenvolveu estudos em várias áreas até o fim da vida”, diz Mazzari. O naturalista morreu em 1859, aos 89 anos, enquanto trabalhava em seu tratado de ciências humanas e da natureza, *Cosmos*. O livro foi dividido em cinco volumes — o quinto, incompleto, foi póstumo. ■



IMAGEM WIKIMEDIA COMMONS INFOGRÁFICO ALEXANDRE AFFONSO



FRAUDE

## Transparência acadêmica

Preenchimento de currículo demanda precisão nas informações e atenção à consistência dos dados

**T**rês entre quatro brasileiros distorcem informações na hora de preencher seus currículos, revelou estudo realizado em 2018 pela consultoria DNA Outplacement, envolvendo 6 mil currículos e 500 empresas baseadas no Brasil, Chile, Peru e Colômbia. De acordo com a pesquisa, 75% dos currículos brasileiros apresentaram inconsistências relacionadas, sobretudo, à fluência em idiomas e ao último salário recebido. Nos últimos meses também ganharam destaque desmentidos de figuras públicas que exibiam em seus históricos acadêmicos informações não confirmadas sobre cursos ou instituições de ensino superior, fora do Brasil.

“É uma realidade que se apresenta no mundo todo”, afirma Rosemary Shinkai, professora da

Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS). Com experiência na organização de congressos como o Brazilian Meeting on Research Integrity, Science and Publication Ethics (Brispe), Shinkai também foi conselheira, entre 2012 e 2015, do Committee on Publication Ethics (Cope), fórum internacional de editores de revistas científicas que discute temas relacionados à integridade na ciência. Nem sempre, contudo, as inconsistências ocorrem de forma deliberada ou resultam de má-fé, avalia a pesquisadora. “Algumas vezes elas podem estar relacionadas a dúvidas que os pesquisadores têm na hora de descrever suas experiências”, observa. “A Plataforma Lattes, por exemplo, foi gradativamente ampliada, com novos campos de

informação que, aparentemente, acabaram gerando incertezas sobre a forma de preenchimento.”

A experiência de Shinkai indica que muitas das imprecisões aparecem na descrição das atividades de formação complementar. “Há exemplos de pessoas que cursaram especializações, mas acabaram não entregando o trabalho final de conclusão do curso e, por consequência, não obtiveram um certificado. Então, é preciso decidir entre deixar o curso de fora ou indicar que ele está incompleto”, diz. “Existe ainda o caso dos Massive Open Online Courses (Moocs), que permitem que a pessoa faça um curso gratuitamente, mas nem sempre com emissão de certificado”, observa Shinkai. A pesquisadora reforça a necessidade de descrever adequadamente a participação como



palestrante em eventos científicos. “Na área da saúde, por exemplo, a apresentação em congressos é bastante valorizada e, por isso, a redação desses dados precisa refletir com precisão o que foi exposto em determinado encontro”, explica.

Após 15 anos analisando os currículos de autores interessados em publicar na *Revista Brasileira de Linguística Aplicada*, a editora Vera Lúcia Menezes de Oliveira, da Faculdade de Letras da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), faz avaliação similar, ao observar que seguem sendo comuns alguns erros elementares, como descrever um pós-doutorado como título. “O pós-doc é uma fase de estudos desenvolvida por um pesquisador com título de doutor, mas não configura grau acadêmico. O próprio Lattes não permite a inserção de pós-doc como titulação”, esclarece.

Considerada uma das principais bases de currículos do país, a Plataforma Lattes tem cadastrados mais de 6 milhões de documentos acadêmicos. Declaratórias, as informações ali contidas são de exclusiva responsabilidade dos pesquisadores que, antes de ingressarem no sistema, manifestam concordância com seu termo de adesão e uso, em observância aos artigos 297 e 299 do Código Penal Brasileiro. Segundo nota do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), “em se constatando erros, a pessoa pode ser notificada a corrigir o Lattes. No caso de beneficiamento em alguma concessão do CNPq por conta de informações falsas, pode ser solicitado o ressarcimento dos recursos investidos aos cofres públicos com a devida correção”.

A análise de inconsistências em currículos acadêmicos é um desafio a mais em processos de seleção de pesquisadores de alto nível. No Centro de Pesquisa e Inovação em Biodiversidade e Fármacos (CIBFar), a análise costuma dividir-se entre os nove pesquisadores principais desse que é um dos Centros de Pesquisa,

## Algumas dicas para não errar no CV



**1** Descreva, com a máxima precisão possível, sua formação acadêmica e experiência profissional

**2** Não oculte dados, tampouco superestime

**3** Seja objetivo

**4** Antes de publicar o documento, submeta-o à leitura atenta de outra pessoa



**5** Mantenha as informações atualizadas

Difusão e Inovação (Cepid), mantidos pela FAPESP. De acordo com o físico Glaucius Oliva, do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (IFSC-USP) e coordenador do CIBFar, um dos aspectos mais importantes diz respeito à inovação. “Esse é um tema de bastante relevância para o Cepid. Também verificamos em profundidade informações envolvendo participação em projetos de pesquisa. Precisamos saber se foram completas, parciais ou intermediárias”, informa. “Como na fase de pós-doutoramento não selecionamos pelo que o pesquisador pode aprender, mas sim pelo que ele já domina, os candidatos precisam efetivamente ter as habilidades descritas em seus currículos.” Para cada vaga de estágio de pós-doutorado

anunciada, o centro recebe, em média, 20 candidaturas.

Dentre os pesquisadores estrangeiros que submetem seus currículos ao CIBFar estão principalmente iranianos, indianos e paquistaneses. “Nas chamadas de química, 30% dos currículos vêm de fora”, diz. “Nesse caso a avaliação precisa ser ainda mais rigorosa, pois entre os candidatos estrangeiros há muitos homônimos e não há possibilidade de cruzar as informações com outras plataformas, o que dificulta o processo de verificação.” Cartas de recomendação podem ser úteis para reforçar as competências dos candidatos. E é fundamental descrever corretamente o nível de proficiência em cada uma das línguas estrangeiras indicadas. “Na hora da entrevista, conseguimos verificar com bastante precisão se o candidato de fato domina o idioma exigido”, finaliza. ■ Sidnei Santos de Oliveira

## Nas células, a resposta

Cientista associa conhecimento em biologia molecular à tecnologia da informação para criar startup especializada em exames genéticos

Aos 17 anos, quando ingressou na faculdade de Ciências Biológicas da Universidade Camilo Castelo Branco (Unicastelo), a paulistana Graciela Pignatari pouco sabia sobre ciência e pesquisa. “Só escolhi esse curso porque queria trabalhar em laboratório”, lembra. O interesse pela bancada e seus instrumentos surgiu na infância, ao frequentar o laboratório de análises clínicas onde a mãe trabalhava, e aprofundou-se no último ano da faculdade, quando Pignatari aceitou convite da professora Jane Zveiter de Moraes para pesquisar a expansão de células de melanoma em camundongos, no Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).

Encantada pelo objeto de pesquisa, no mestrado em biologia produziu uma molécula de cadeia única a partir de um anticorpo monoclonal e, durante o doutorado, concluído em 2005 também na Unifesp, estagiou na Mount Sinai School of Medicine, em Nova York. Da temporada no exterior, pesquisando o funcionamento de receptores celulares, restaram muitos aprendizados. “Um dos mais interessantes foi desconstruir a ideia de que lá fora tudo é melhor. Percebi que no Brasil realizamos pesquisa de ótima qualidade”, compara.

Bolsista da FAPESP desde o mestrado, de volta ao Brasil Pignatari desenvolveu, a partir de 2009, pesquisa de pós-doutorado no projeto “A fada do dente”, coordenado por Patrícia Beltrão Braga, do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP), em parceria com Alysson Muotri, da Universidade da Califórnia, San Diego. Dedicada à

investigação dos mecanismos biológicos relacionados ao transtorno do espectro do autismo (TEA), a organização arrecada dentes de leite de crianças com esse diagnóstico para reprogramação e transformação de suas células, que servirão para a produção de células neuronais. Tais estudos têm possibilitado o desenvolvimento de ferramentas de diagnóstico mais eficientes.

A dedicação à biologia e ao TEA resultou na criação, em 2016, da startup Tismoo Biotech, em parceria

com Braga, Muotri e outros dois pesquisadores. “Durante nossas investigações, evidenciou-se que o autismo é um transtorno multifatorial, que pode estar relacionado a aspectos ambientais, mas com risco majoritariamente genético”, conta Pignatari, que participou da elaboração e estruturação do projeto. “A Tismoo é a única empresa do país a oferecer tecnologia para identificação de alterações genéticas envolvendo o TEA e outros transtornos neurológicos que apresentam comportamento similar ao do transtorno”, explica. Para tanto, vale-se de uma plataforma de bioinformática que reúne as mais relevantes publicações científicas sobre o tema e permite comparar as variantes genéticas de determinado paciente com dados internacionais. “Além de verificar a existência de tratamento adequado para cada mutação, como a atualização do serviço é contínua, se surgirem novas pesquisas ou testes, a ferramenta nos permite atualizar o médico e a família dos pacientes.”

Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam que 70 milhões de pessoas no mundo apresentam algum grau do TEA. Com predominância do sexo masculino e manifestações que começam ainda na infância, o transtorno é considerado crônico. ■ S. S. O.



Graciela Pignatari: paixão pela biologia e criação de startup



## Metrologia para a indústria 4.0

De 24 a 27 de novembro de 2019, no CentroSul - Florianópolis, SC.

Nesta edição do METROLOGIA 2019, o evento será composto por 6 congressos simultâneos:

- 10º Congresso Brasileiro de Metrologia (CBM)
- V Congresso Internacional de Metrologia Mecânica (CIMMEC)
- XIII Congresso Internacional de Metrologia Elétrica (SEMETRO)
- VI Congresso Brasileiro de Metrologia das Radiações Ionizantes (CBMRI)
- V Workshop da Rede de Metrologia Química do Inmetro (Remeq-I)
- III Congresso Brasileiro de Metrologia Óptica (CBMO)

**Prorrogação do prazo de Submissão de trabalhos para 31/07.**

[www.metrologia2019.org.br](http://www.metrologia2019.org.br) | [metrologia2019@metrologia.org.br](mailto:metrologia2019@metrologia.org.br)



## O MAIOR CONGRESSO CIENTÍFICO DE COMUNICAÇÃO DO PAÍS

# INTERCOM

Belém | 2019

**INSCRIÇÕES ATÉ 08 DE AGOSTO**

Acesse:  
[www.portalintercom.org.br](http://www.portalintercom.org.br)

[f / intercomcomunicacao](#) | [@ / intercom\\_oficial](#)

## AGILIZE SUAS DESCOBERTAS E PESQUISAS CIENTÍFICAS COM HPC

A Versatus é uma empresa brasileira 100% focada em fornecer as melhores soluções de Computação de Alto Desempenho para clientes acadêmicos e corporativos.

Apoia pesquisadores e instituições para que se dediquem exclusivamente aos seus objetivos científicos e de P&D ao fornecer soluções completas e customizadas. **Entre em contato e saiba mais!**



[www.versatushpc.com.br](http://www.versatushpc.com.br)  
+55 11 3436 0664 // [contato@versatushpc.com.br](mailto:contato@versatushpc.com.br)

EMPOWERING  
SCIENCE WITH  
INTELLIGENCE

DELL Technologies  
PLATINUM PARTNER

**versatus**  
HPC



**NAS BANCAS E LIVRARIAS**

[revistapesquisa.fapesp.br](http://revistapesquisa.fapesp.br)