

Pesquisa

AGOSTO DE 2023 | ANO 24, N. 330

FAPESP ▲



OS RAMOS DA VIDA

Sequenciamento completo de genomas permite múltiplas comparações em busca de avanços médicos e conhecimento da biodiversidade

Casos de câncer no Brasil devem crescer 70% até 2040, alerta diretora de agência da OMS

Os desafios ambientais de painéis solares quando chegam ao fim da vida útil

Vacina estimula a produção de anticorpos contra cocaína em testes com animais

Mais universidades oferecem vagas na graduação a campeões de olimpíadas científicas

Projeções indicam que o fenômeno climático El Niño deve ser entre moderado e forte

Novas abordagens expandem debate sobre a questão LGBTI+ no país



FOLHEIE PESQUISA FAPESP ONDE ESTIVER

**Leia a revista
na plataforma ISSUU**

**Faça o download
de edições**

PARA RECEBER OS AVISOS,
É SÓ SE CADASTRAR



[ISSUU.COM/PESQUISAFAPESP](https://www.issuu.com/pesquisafapesp)



APROVEITE!

Parte de máquina
sequenciadora:
o DNA transita por fios
muito finos (CAPA, P. 12)

AGOSTO 2023

Pesquisa 330

FAESP

5 CARTA DA EDITORA
6 NOTAS

CAPA

12 Sequenciamento completo de genomas inaugura nova era dos estudos sobre DNA e suas aplicações médicas

ENTREVISTA

20 Físico Celso Grebogi cria estratégias para intervir em sistemas complexos como o clima

RECURSOS HUMANOS

26 Mais instituições oferecem vagas na graduação para campeões de olimpíadas científicas

GÊNERO

32 Cresce o número de trabalhos sobre a incidência de assédio moral e sexual em universidades

PROPRIEDADE INTELECTUAL

37 Conhecimento sobre zika e chikungunya resultou em raros produtos para a população

BOAS PRÁTICAS

38 As soluções e os desafios impostos pela inteligência artificial

DADOS

41 Retração da produção de ciência em 2022

CLIMA

42 El Niño atual tem 80% de chance de ter intensidade entre moderada e forte

GEOLOGIA

46 Elevação de bacias sedimentares deverá no futuro modificar paisagem do Nordeste e do litoral

FISIOLOGIA

50 Metabolismo pode ser programado desde a gestação para desenvolver obesidade e diabetes

EPIDEMIOLOGIA

54 Diagnóstico clínico e compreensão da ecologia são as melhores armas contra a febre maculosa





Ponte que ligava a rodovia União e Indústria à estrada da Cascatinha em Petrópolis (RJ) (MEMÓRIA, P. 90)

VIROLOGIA

58 Vírus mayaro se multiplica na pele, nos músculos, nas articulações e atinge outros órgãos

ENTREVISTA

60 Diretora de agência do câncer da OMS alerta para o crescimento dos casos da doença

FARMACOLOGIA

64 Avançam testes para desenvolver uma vacina para dependentes de cocaína

ENERGIA RENOVÁVEL

69 Descarte e reciclagem de painéis solares fotovoltaicos trazem novos problemas

AMBIENTE

74 Biocarvão feito com resíduos agrícolas eleva produtividade no campo

DEMOGRAFIA

78 Resultados do Censo de 2022 mostram que o país precisa repensar previdência e saúde

HISTÓRIA

82 Pesquisadores buscam expandir debate sobre a questão LGBTI+ no Brasil

ENTREVISTA

86 Maria Esther Maciel reflete sobre o lugar do animal na sociedade contemporânea

MEMÓRIA

90 Primeiras rodovias brasileiras foram construídas com técnicas escocesas de pavimentação

ITINERÁRIOS DE PESQUISA

94 O médico Francisco Inácio Bastos investiga o uso de drogas no Brasil

RESENHA

96 *Trincheiras da crítica literária. O crítico José Veríssimo nos circuitos jornalísticos da belle époque carioca*, de Rachel Bertol. Por Tania Regina de Luca

97 COMENTÁRIOS

98 FOTOLAB

Capa

Felipe Mayerle

WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR



VÍDEO

Animação mostra como o cérebro aprende a contar o tempo

Estudos realizados com ratos ajudam a decifrar processo de codificação da passagem de períodos curtos de tempo



VÍDEO

Especial: Dia Nacional da Ciência e do Pesquisador Científico

Profissionais de diferentes instituições e áreas do conhecimento falam sobre as alegrias e os desafios da carreira



PODCAST

Biofotônica, ações afirmativas e baterias de sódio

Um laboratório de biofotônica no Texas, os beneficiados por ações afirmativas e o potencial das baterias de sódio

Este conteúdo está disponível no site www.revistapesquisa.fapesp.br, que contém, além de edições anteriores, versões em inglês e espanhol e conteúdo exclusivo

Boas perguntas

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRETORA DE REDAÇÃO

Um tema quente no jornalismo científico da virada do século foi o Projeto Genoma Humano. Avanços tecnológicos permitiram que regiões do DNA humano que codificam proteínas fossem sequenciadas (lidas) e analisadas por um consórcio internacional de 20 instituições, em 13 anos de trabalho, ao custo de US\$ 3 bilhões. Acrescentando temperatura à história, uma empresa privada lançou iniciativa paralela, criando uma corrida pelos dados que, anunciava-se, revolucionariam a ciência e a medicina.

Muitas promessas não se concretizaram. Entre outros pontos, os poucos genomas usados não retratavam a variação genética da nossa espécie, com implicações para a medicina. Isso motivou iniciativas como o Pangenoma Humano, que agora almeja o sequenciamento completo de 350 pessoas ao redor do mundo, para ampliar o referencial. As doenças de maior incidência estão ligadas a múltiplos genes, acrescentando complexidade aos estudos. Viu-se que as partes do DNA que controlam a ação dos genes são tão importantes quanto as que carregam o código para proteínas, respondendo pelas diferenças entre organismos.

O que levava meses e até anos agora é feito em um dia, e a quantidade de dados disponível cresce em ritmo alucinado, colocando desafios. Dados pouco representam se não forem analisados à luz de boas perguntas. Questões enfrentadas hoje pelos pesquisadores na genética são tema da capa desta edição (*página 12*).

Último texto a ser escrito, o editorial permite um olhar que identifica conexões entre reportagens. Em outras edições, a leitura do conjunto evidencia a variedade de temas. Este número se enquadra na segunda alternativa, trazendo pautas sobre as quais nunca havia pensado.

A ideia de tratar a dependência em cocaína com uma vacina, por exemplo. A estratégia de

acionar o sistema imunológico para enfrentar o vício não é nova (*página 64*). A molécula de cocaína não possui tamanho ou complexidade suficientes para gerar uma resposta imunológica do corpo humano, precisando ser associada a uma macromolécula. A busca de vacinas contra drogas ainda não produziu resultados consistentes, mas os dados de ensaios iniciais em animais alcançados por pesquisadores da UFMG os motivam a continuar a busca por mais um recurso para esse complexo problema de saúde pública.

Classificada como limpa e renovável, a energia solar é usada de forma crescente. Com vida útil de 25-30 anos, os painéis fotovoltaicos apresentam um problema no descarte. Compostas principalmente por vidro e alumínio, as placas contêm uma pequena quantidade de metais valiosos e substâncias poluentes. Essa sucata demanda processamento adequado, e a presença de elementos de maior valor é um incentivo à incipiente reciclagem comercial (*página 69*).

Historicamente, a importância dos engenheiros ingleses na construção de ferrovias e pontes é bem documentada e conhecida. Menos famosos são os engenheiros escoceses e seus métodos, protagonistas da construção das estradas de rodagem brasileiras a partir de meados do século XIX, encomendadas para escoar a produção de café, mostra a seção Memória (*página 90*).

Conheci ainda a zooliteratura, ramificação do vasto mundo de estudos sobre os animais não humanos (*página 86*). Unindo referências da filosofia, biologia, política e ecologia, essa área reflete sobre as nossas complexas e controversas relações com os bichos, conta em entrevista a pesquisadora Maria Esther Maciel.

Espero que a sua leitura seja tão instigante quanto foi a minha.



Um intruso devastador no mar brasileiro

Talvez jogado ao mar por aquaristas, o peixe-leão (*Pterois volitans*) foi encontrado pela primeira vez no litoral da Flórida, ao sul dos Estados Unidos, em 1985. Em seguida, espalhou-se pela costa leste daquele país e chegou ao golfo do México e ao Caribe. Por volta de 2020, atravessou a forte correnteza da foz do rio Amazonas e em três anos ocupou trechos do litoral do Pará, Piauí, Ceará e Fernando de Noronha. “Alguns já chegaram a Pernambuco, onde a corrente em direção ao sul deve levar o peixe para todo o litoral brasileiro em cerca de um ano”, projeta o biólogo Marcelo Soares, da Universidade Federal do Ceará (UFC), principal autor de um levantamento nacional das áreas ocupadas por essa espécie de origem indo-asiática. Equipes de órgãos do governo, pescadores e mergulhadores capturaram 352 peixes-leão, em profundidades de

1 a 100 metros, ao longo de 2.766 quilômetros do litoral do Brasil. Pesquisadores defendem a implantação de programas nacionais de controle das populações de peixe-leão, que no Caribe reduziu as populações de espécies nativas por se alimentar de seus filhotes. Outra espécie de peixe-leão (*P. miles*) foi encontrada no mar Mediterrâneo em 2012 e também causou efeitos devastadores sobre os peixes da região. Quando cai nas armadilhas dos pescadores, mata os outros peixes que entram em contato com seus espinhos venenosos. Com até 47 centímetros de comprimento, o peixe-leão se reproduz rapidamente, lançando na água cerca de 2 milhões de ovos por ano. Seus predadores são peixes grandes como tubarões, garoupas e moreias, cada vez mais raros no litoral brasileiro (*Journal of Environmental Management*, abril).

Peixe-leão se espalha no litoral, prejudicando a pesca e a sobrevivência de espécies nativas

Bambu, fonte de energia renovável

Já usado na alimentação e na fabricação de móveis, o bambu pode ser uma fonte renovável de energia, por causa do crescimento rápido, de acordo com um estudo da Universidade Húngara de Agricultura e Ciências da Vida. Após pré-tratamento, a lignocelulose, que corresponde a 70% de sua composição, pode ser convertida em etanol, gás, biocarvão e óleo. Uma refinaria em Assam, na Índia, utiliza cerca de 500 mil toneladas (t) de bambu fresco por ano para produzir 4.900 t de etanol. Os resíduos geram eletricidade. O poder calorífico entre as espécies de bambu varia de 18 a 21 quilojoules por grama (kJ/g), acima do de outras biomassas, como o bagaço de cana-de-açúcar, 16,60 kJ/g. Uma comparação entre 15 espécies revela os contrastes: *Bambusa bambos* tem até 30 metros (m) de altura e 18 centímetros (cm) de diâmetro e *Dendrocalamuposis oldhami* 9 m e 8 cm. Na China, um dos maiores produtores mundiais, crescem cerca de 500 espécies, especialmente a variedade mossô, com 73% da área plantada. O Brasil, com uma produção próxima a 150 t por ano, tem 258 espécies. Planta perene, de fácil regeneração, o bambu produz por mais de 30 anos, embora possa ocupar o espaço de outras plantas, reduzindo a diversidade da paisagem (*GCB-Bioenergy*, maio).



Algumas espécies podem chegar a 30 metros de altura



Cupinzeiro: espécies diferentes no mesmo ninho

Cheiro semelhante ajuda a sobreviver

Em um cupinzeiro, não vivem só cupins de uma única espécie, mas os de espécies diferentes têm de encontrar artifícios para sobreviver ali dentro. Biólogos das universidades federais de Sergipe (UFS) e Rural de Pernambuco (UFRPE) verificaram que ter um odor semelhante é um requisito para os intrusos evitarem as brigas. Os pesquisadores coletaram 21 ninhos de *Constrictotermes sp.* coabitando com outra espécie, *Inquilinitermes microcerus*, de dois municípios de Sergipe, e levados para a UFS. Pareados, hospedeiros e inquilinos de ninhos próximos e distantes mostram comportamentos distintos. *Constrictotermes sp.* brigaram apenas com os cupins da mesma espécie de ninhos diferentes, mas não com os inquilinos, ainda que não fossem do mesmo ninho. *I. microcerus* não apresentaram agressividade em nenhuma situação. Em seguida, o exame do conteúdo intestinal levou à conclusão de que o fato de os inquilinos se alimentarem de fezes do hospedeiro facilita a aquisição de odores semelhantes entre os habitantes da mesma colônia. Os inquilinos também evitam a morte se mantendo em cantos pouco frequentados do ninho (*Research Square, preprint*, 26 de junho).

Venda de sementes de *Cannabis* com fim medicinal na Argentina

Em maio, o Instituto Nacional de Sementes (Inase) da Argentina aceitou o registro de seis variedades de sementes de *Cannabis* para serem utilizadas com fins medicinais. Foram desenvolvidas com apoio do Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Técnicas (Conicet) e duas delas – Pachamama, rica em canabidiol (CBD), e Malvina, com alto teor de tetrahidrocanabinol (THC) – foram licenciadas para serem vendidas pela empresa Puerto Madryn Whale Leaf Farm sob o compromisso de poderem ser rastreadas. As duas variedades foram selecionadas para garantir a quantidade padronizada de CBD e THC, já que se trata de uma planta sexuada e os níveis desses

compostos são mais elevados nas femininas. Em 2022, o Congresso argentino havia aprovado uma lei que promove a pesquisa sobre a planta e seus derivados, complementando a norma anterior que autorizava o uso terapêutico. O óleo de *Cannabis* tem sido usado principalmente para tratar epilepsia refratária, não controlada por ao menos dois medicamentos de primeira linha. A neurologista Silva Kochen, do Hospital El Cruce, acompanhou por seis meses 44 pessoas com epilepsia refratária, das quais 87% apresentaram uma redução de ao menos 50% no número de crises com o uso do óleo (Conicet, 19 de maio; SciDev.Net, 5 de junho; *Epilepsy & Behavior*, julho).



Canabidiol, usado principalmente contra epilepsia resistente



Jamaicanos por trás do ferro britânico

Documentos históricos recém-descobertos indicam que o método de produção de ferro forjado foi criado no século XVIII por metalúrgicos negros na Jamaica e levado para a Inglaterra pelo empresário britânico Henry Cort (1740-1800), a quem se atribua a invenção da técnica. Representado em Londres pelas estruturas do Palácio de Cristal e da estação St. Pancras, o chamado processo Cort fez da Grã-Bretanha o maior exportador de ferro do mundo. A historiadora Jenny Bulstrode, da University College London (UCL), descobriu que muitos metalúrgicos escravizados da Jamaica tinham sido traficados da África Ocidental e Central, que já tinham siderúrgicas. Propriedade do inglês John Reeder, a fun-

dição jamaicana foi destruída, por ordem do governo inglês, para evitar a fabricação de armas. Cort comprou as máquinas, mandou-as para a Inglaterra e patenteou a técnica nos anos 1780. “Se você perguntar às pessoas sobre o modelo de um inovador, elas pensam em Elon Musk ou em algum homem branco de jaleco”, disse Bulstrode ao jornal britânico *The Guardian*. “Não se pensa nos negros, escravizados, na Jamaica do século XVIII.” Ela resgatou os nomes de alguns metalúrgicos jamaicanos: Devonshire, Mingo, Mingo's son, Friday, Captain Jack, Matt, George, Jemmy, Jackson, Will, Bob, Guy, Kofi e Kwasi (*The Guardian*, 5 de julho; *History and Technology*, 21 de junho).

Estação St. Pancras, em Londres, exibe o ferro forjado no século XVIII

Dendezeiros avançam no Pará

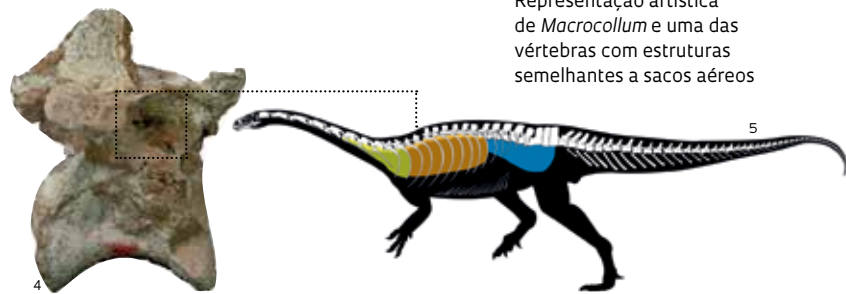
As plantações de dendezeiros (*Elaeis guineensis*) não cumpriram com a meta proposta pelos planos governamentais há cerca de 10 anos de reduzir a área de terras degradadas e permitir a recuperação das ocupadas por vegetação nativa na Amazônia. Após examinarem as formas na ocupação de uma bacia hidrográfica de 765,65 quilômetros quadrados (km²) na região de Tome-Açu, no Pará, pesquisadores do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) verificaram que a área ocupada por floresta primária encolheu aproximadamente à metade, para 140,7 km², e a de capoeira (vegetação secundária) ampliou quase duas vezes, para 156,6 km², de 2002 a 2018. Desde 2010, quando começaram a ser implantadas, as plantações de dendezeiros expandiram 27 vezes e em 2018 ocupavam 91,8 km². Após 16 anos, cobriram quase metade (48%) da área de mata primária, que já havia sido desmatada e antes ocupada por pastagens e capoeira. “O dendezeiro é considerado na legislação uma espécie de baixo impacto e importante para restauração de áreas degradadas, por crescer bem em solos improdutivos com pouca adubação, mas, em plantios de larga escala, pode prejudicar a conservação da biodiversidade e a dinâmica social”, comenta a ecóloga Ima Vieira, do MPEG (*Biological Conservation*, julho; *Plant Ecology and Diversity*, fevereiro de 2020).



Grandes plantios de *Elaeis guineensis* podem prejudicar a biodiversidade

Ossos ocos favoreceram o gigantismo dos dinossauros

Um fóssil do bípede *Macrocollum itaquii*, ancestral dos dinossauros de pescoço longo, que viveu há cerca de 225 milhões de anos onde hoje é o Rio Grande do Sul, ajuda a explicar como esses animais se tornaram gigantes, passando dos 30 metros (m) de comprimento. Análises de tomografia computadorizada mostraram que *M. itaquii* tinha espaços ocos nos ossos do pescoço e das costas, a partir dos quais se formaram os sacos aéreos, semelhantes aos encontrados hoje nos pássaros. Essa característica, portanto, parece ser mais antiga do que se supunha. “*Macrocollum* foi o maior dinossauro de seu tempo, com cerca de 3 m. Poucos milhões de anos antes, a maior parte dos primeiros dinossauros tinha em torno de 1 m. Os sacos aéreos facilitaram esse aumento de tamanho ao longo da linhagem evolutiva”, disse à Agência FAPESP o paleontólogo Tito Aureliano, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), à frente do estudo que levou a essas conclusões. Evidências anteriores indicavam que os sacos aéreos só teriam surgido bem depois de *Macrocollum*, há cerca de 190 milhões de anos (*The Anatomical Record*, março).



Representação artística de *Macrocollum* e uma das vértebras com estruturas semelhantes a sacos aéreos

Os olhos sensíveis das mulheres

Mulheres apresentam um risco maior do que homens de sofrerem mais de uma vez a toxoplasmose ocular, causada pelo protozoário *Toxoplasma gondii*. Um estudo com 139 mulheres e 123 homens tratados em um ambulatório de Ribeirão Preto (SP) indicou que essa infecção ocular – a causa mais comum de cegueira no Brasil – se manifesta de forma distinta em cada gênero: 36% das pacientes apresentavam recorrências da infecção, que se repetia em 28,5% dos participantes masculinos. Os olhos das mulheres também exibiram mais lesões próximas à parte central da retina, 56,1% (homens, 39,8%). Segundo João Furtado, da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP), diferenças no sistema imunológico ou a maior procura das mulheres pelos serviços de saúde pode explicar os resultados. “Conhecer melhor as manifestações das doenças permite ajustar o seguimento das pessoas afetadas de acordo com o que é esperado”, diz ele. O protozoário chega aos olhos por meio da ingestão de alimentos contaminados (*British Journal of Ophthalmology*, maio).

Uma megaestação hidrossolar na China

No final de junho, entrou em operação a primeira etapa da estação de energia fotovoltaica de Kela, a maior estação híbrida de energia hídrica e solar do mundo, na província chinesa de Sichuan, no platô tibetano. Em uma área de cerca de 16 quilômetros quadrados (km²), reúne 2 milhões de painéis solares, tem uma capacidade instalada de 1 milhão de quilowatts/hora (kWh) por ano e deverá abastecer a região de Sichuan e Chongqing durante o verão, na alta temporada de consumo. Segundo a imprensa chinesa, esse é o projeto solar e hidrelétrico mais alto do mundo, entre 4 mil e 4,6 mil metros acima do nível do mar. Os tibetanos não serão compensados pelas áreas que terão de desocupar. A estação faz parte do complexo de energia limpa em construção na bacia do rio Yalong que poderá evitar o uso de 600 mil toneladas de carvão. Interessada em impulsionar a produção e o consumo de energia limpa, a China ainda tem de enfrentar o desafio de como transportá-la até as regiões costeiras com maior demanda (List.Solar, 27 de junho; Tibet.Net, 28 de junho).



A estação Kela ocupa 16 km², com 2 milhões de painéis solares, no platô tibetano

Cidade maia emerge de uma floresta no México

Pesquisadores mexicanos e eslovenos localizaram uma antiga cidade maia, com ruínas de pirâmides de pedra de até 15 metros (m) de altura, edifícios, praças e uma acrópole (estrutura com planta retangular e elevada, geralmente usada pela elite), na reserva ecológica de Balamkú, sudeste do México. Por causa de suas numerosas colunas cilíndricas de pedras, o sítio arqueológico ganhou o nome de Ocomtún, que significa “coluna de pedra” em maia yucateco. Pode ter sido um importante centro urbano durante o Período Clássico (250 d.C.-1.000 d.C.). Um grupo liderado pelo arqueólogo Ivan Šprajc, do Centro de Pesquisas da Academia Eslovena de Ciências e Artes, percorreu mais de 60 quilômetros de mata densa da região até chegar às ruínas, localizada por meio de uma técnica de radares laser conhecida como Lidar (detecção e medida de distância por luz), que identifica estruturas ocultas na mata. “Nossa



maior surpresa foi ver que a cidade estava em uma península de terreno elevado, cercado por extensos pântanos. Seu núcleo tem mais de 50 hectares [500 mil metros quadrados], com diversos edifícios de grandes dimensões”, afirmou Šprajc em um comunicado do Conselho de Arqueologia do Instituto Nacional de Antropologia e História (Inah) do México.

Resquílios de um centro urbano com 500 mil m² ocupado entre 250 d.C. e 1.000 d.C.



Cada variedade tem seu próprio espectro eletromagnético, de acordo com a composição química

Método diferencia a identidade química dos cafés

Uma técnica elaborada por pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Embrapa Rondônia e Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) define instantaneamente, com uma acurácia superior a 90%, a origem de cafés brasileiros da espécie canéfora (*Coffea canephora*) dos principais estados produtores (Espírito Santo, Rondônia e Bahia) e distingue suas variedades botânicas (conilon e robusta) e os cultivares de café canéfora. Validado por meio da análise de 527 amostras de canéfora e arábica (*Coffea arabica*) com e sem indicação de origem, o método emprega a espectroscopia em infravermelho próximo e métodos estatísticos para análise de dados de origem química. O equipamento emite radiação eletromagnética sobre a amostra a ser analisada e um sistema de detecção registra o sinal. As informações geram os espectros, que variam de acordo com a composição química. “Os cafés canéforas brasileiros estão se destacando e atingindo uma qualidade sensorial comparável à do arábica”, disse à Agência FAPESP Michel Rocha Baqueta, da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da Unicamp, um dos autores do método. “Produtos considerados especiais e com indicação geográfica apresentam maior valor comercial” (*Journal of Food Composition and Analysis*, março; *Analyst*, abril).

Menores doses de raios X

Um material usado em células solares, o oxiodeto de bismuto (BiOI), mostrou-se capaz de detectar taxas de dose de raios X mais de 250 vezes menores e com um desempenho 100 vezes maior que os dispositivos equivalentes usados comercialmente. O BiOI é um semicondutor atóxico que absorve a luz visível, já avaliado para uso em células solares. Seus dois elementos químicos, o bismuto e o iodo, absorvem raios X, mas as tentativas anteriores de criar detectores de raios X com esse material falharam porque defeitos de sua estrutura nanocristalina causavam grande perda de energia. Pesquisadores de Oxford e Cambridge, no Reino Unido, desenvolveram um método de produção de monocristais que reduziu bastante os defeitos estruturais e aumentou a sensibilidade e o limite de detecção de raios X. Se avançar, esse material poderá tornar as imagens médicas mais seguras, com doses menores de radiação, evitando danos aos pacientes (*Nature Communications*, 28 de abril; *newsletter* da Universidade de Cambridge, 10 de maio).



Cristais de oxiodeto de bismuto, já avaliados em células solares, absorvem radiação

São Francisco,
na Califórnia,
Estados Unidos:
mais luzes na cidade
implica menos
estrelas visíveis
no céu

Por que vemos menos estrelas à noite

Com base em 51.351 observações a olho nu de astrônomos amadores espalhados pelo mundo de 2011 a 2022, pesquisadores do Centro Alemão de Pesquisa Geográfica e do Instituto Geográfico, ambos da Alemanha, com colegas dos Estados Unidos, verificaram que a luminosidade artificial no céu noturno aumentou em média 9,6% por ano nesse período. Em consequência, a cada ano o céu mostra menos estrelas, ofuscadas pela iluminação artificial das casas, fachadas de edifícios, outdoors, ruas e estradas. Um comentário no site Universe Today ressaltou que a crescente poluição luminosa

também prejudica o trabalho dos astrofísicos, muda a aparência do céu noturno, que se torna mais claro, e pode causar um desequilíbrio entre animais silvestres, por alterar os padrões de acasalamento e as relações entre predador e presa. A Via Láctea, nossa galáxia, não é mais vista por um terço da humanidade, incluindo 80% dos habitantes dos Estados Unidos e 60% dos europeus, de acordo com a versão mais recente de um atlas global de poluição luminosa, publicado em 2016 (Universe Today, 29 de junho; *Science*, 19 de janeiro; *Science Advances*, 10 de junho de 2016).

4

Índia planeja agência nacional com orçamento de US\$ 6 bilhões

A Índia planeja criar uma agência nacional para aumentar a pesquisa em universidades, institutos e laboratórios do país. Em junho, o Gabinete da União, principal órgão decisório do país, liderado pelo primeiro-ministro Narendra Modi, aprovou projeto de lei para estabelecer a National Research Foundation (NRF). Nas próximas semanas o parlamento deverá examinar seu orçamento de aproximadamente US\$ 6 bilhões em cinco anos, com previsão de que o setor privado responda por cerca de 70% desses recursos e o governo pelo restante. Se o parlamento aprovar a NRF, Modi será seu presidente e os ministros da Ciência e da Educação serão os vice-presidentes. Cientistas de várias áreas formarão o Conselho de Administração da agência. Ainda que gaste menos de 0,7% do Produto Interno Bruto (PIB) em pesquisa e desenvolvimento (cerca de US\$ 222 milhões em 2021), a Índia aposta em projetos ambiciosos. Em julho, a Organização Indiana de Pesquisa Espacial (ISRO) lançou o Chandrayaan-3, a terceira missão de exploração lunar, que deve pousar perto do polo sul da Lua em 23 de agosto (*Nature*, 19 de julho).



5

CAPA

A NOVA ERA DO DNA





Sequenciamento completo de genomas busca transformar o entendimento sobre doenças, diversidade genética humana, produção de alimentos e processos evolutivos

Maria Guimarães | ILUSTRAÇÃO Felipe Mayerle

Imagine que, ao sair com alguém que não conhecia, você queira verificar, por exemplo, se é verdade que aquela pessoa tem ascendência italiana. Basta aproveitar uma distração, passar um cotonete na marca da beira do copo, pôr a amostra de DNA no sequenciador que você leva no bolso, conectar ao telefone celular e, em minutos, ter a sua resposta. Parece ficção científica? Nem tanto: já existem aparelhos miniaturizados que fazem a leitura do material genético em tempo real e podem ser usados para identificar patógenos causadores de doenças. O dispositivo faz parte da revolução genômica que agora permite sequenciar o material genético completo cada vez em menos tempo, com menos erros e a um custo cada vez menor.

Quem era adulto há 20 anos, provavelmente se lembra da era dos genomas, quando foram divulgadas as sequências completas de uma série de organismos, com destaque para o Projeto Genoma Humano (PGH), cuja sequência quase completa foi anunciada em 2001. Grandes iniciativas – no Brasil, algumas delas financiadas pela FAPESP (ver Pesquisa FAPESP nº 174) – desvendaram o material genético de organismos como a bactéria *Xylella fastidiosa*, causadora da praga do amarelinho, que ataca laranjais, e as diversas formas de câncer, impulsionando laboratórios de genética e desenvolvendo potencial em bioinformática.

De lá para cá, esses dados estiveram à disposição da comunidade científica e pesquisas permitiram identificar uma infinidade de genes ligados a problemas de saúde, mas com impacto ainda restrito na vida dos pacientes (ver Pesquisa FAPESP nº 284) – sobretudo para as doenças complexas, como diabetes e câncer, que envolvem a ação de

muitos desses trechos do material genético responsáveis pela produção de proteínas.

“O Projeto Genoma Humano inaugurou a genética moderna”, avalia o bioinformata Pedro Galante, coordenador do laboratório de bioinformática do Instituto de Ensino e Pesquisa do Hospital Sírio-Libanês (IEP-HSL), em São Paulo. “Descobrimos muitos genes associados a uma diversidade de características.” O biólogo molecular Carlos Menck, do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP), relata que o uso do sequenciamento de nova geração, há cerca de 10 anos, fez uma enorme diferença para o diagnóstico da doença xeroderma pigmentosa, cujos pacientes não podem ser expostos ao sol (ver Pesquisa FAPESP nº 323 e box na página 15). “Vamos em breve publicar um artigo com as mutações detectadas em 150 pacientes”, conta. Ele também vê aproximar-se a possibilidade de que esse conhecimento dê origem a tratamentos com base em edição ou regulação gênica por meio de ferramentas como Crispr-Cas9 e interferência por RNA.

Agora, a maneira de olhar o genoma está se alterando radicalmente, voltando-se não só para uma porcentagem muito pequena de genes que eram considerados essenciais, mas também para a sequência completa do DNA e comparando um grande número de indivíduos e até espécies. É um momento empolgante. Em maio, Galante esteve no congresso The Biology of Genomes, no laboratório Cold Spring Harbor, nos Estados Unidos, o mais importante da área. Ele relata que na palestra de encerramento o geneticista norte-americano Evan Eichler, da Universidade de Washington, declarou ter esperado anos pelo momento em que seu campo está agora. A expectativa é pelo salto que a pesquisa genômica deverá propiciar, especialmente na área da saúde.

Grande parte dos genes é semelhante entre organismos; cerca de 0,01% do genoma diferencia seres humanos uns dos outros

Uma das limitações do PGH foi que, apesar de ter colhido material de cerca de 20 voluntários, por volta de 70% do genoma sequenciado partiu de apenas uma pessoa, um norte-americano de ascendência europeia e africana da cidade de Buffalo, no estado de Nova York. Isso significa que variantes genéticas que diferem de uma população para outra podem não estar representadas nesse que é ainda hoje o genoma de referência. É a ele que os pesquisadores cotejam seus resultados para identificar a função e a variação de genes detectados em situações diferentes.

Um consórcio internacional, o Pangenoma Humano, pretende agora resolver essa questão realizando o sequenciamento completo de ao menos 350 pessoas de todos os cantos do planeta, deixando de ter apenas uma referência. “Se tivéssemos referências de genomas da população brasileira para comparar ao que vemos em nossos pacientes, seria muito melhor, porque variantes comuns aqui podem não estar presentes na população norte-americana ou vice-versa”, explica Galante, que está pleiteando a adesão ao consórcio para contribuir com conhecimento bioinformático.

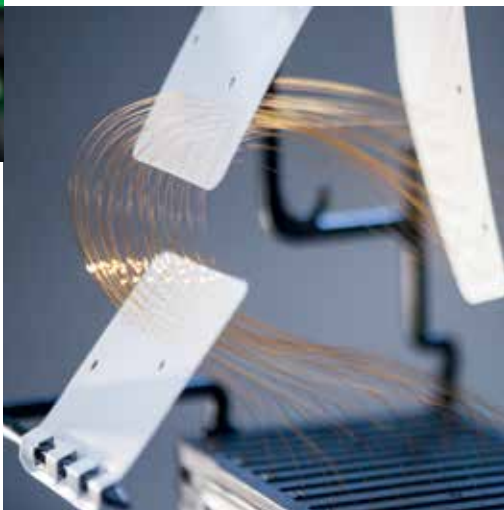
A promessa é fazer o chamado sequenciamento telômero a telômero (T2T), em referência às pontas dos cromossomos, cujas sequências muito repetitivas os tornam difíceis de destrinchar com base nos métodos anteriores. Para fazer isso, a estratégia tem sido combinar técnicas. Os aparelhos da empresa britânica Oxford Nanopore e da norte-americana Pacific Biosciences conseguem

ler trechos bem longos de DNA, com até milhões de bases. É eficiente para a montagem do genoma. “As leituras longas permitem determinar o arca-bouço do genoma”, explica a geneticista Glória Franco, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Não à toa, a leitura longa foi destacada pela revista *Nature* como o método do ano de 2022, em editorial publicado em janeiro deste ano. Como a taxa de erro é maior, para refinar as sequências os geneticistas usam as leituras mais curtas feitas pelas máquinas da empresa californiana Illumina, que permitem olhar trechos menores com maior precisão.

Até recentemente, o sequenciamento vinha em fragmentos pequenos que precisavam ser montados, como um quebra-cabeça que pode ter partes sobrepostas (*ver infográfico abaixo*). Trechos repetitivos, abundantes no genoma, são especialmente difíceis de incluir na montagem e acabavam ficando de fora – na representação das bases nitrogenadas que compõem o DNA como A, T, C e G, poderia ser uma longa sequência de ATATATATATAT, por exemplo.

As iniciativas vão muito além dos genomas humanos, como destacado pela revista *Science* em janeiro entre os assuntos que seriam notícia neste ano. O Earth Biogenome Project (EBP), um

Máquinas de sequenciamento: *flow cell* na qual as amostras são inseridas na Illumina NovaSeq (*abaixo*); no método Sanger, o DNA passa por finos fios (*à dir.*)

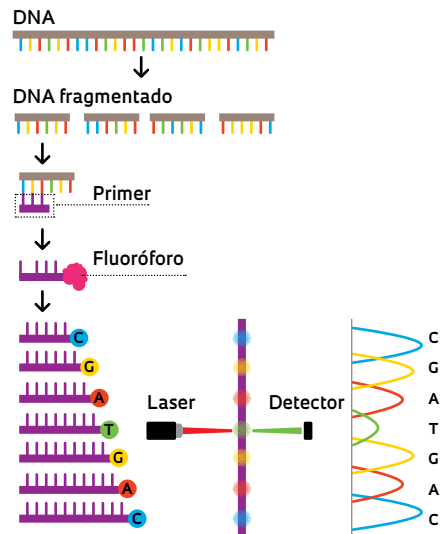


OS GRANDES MARCOS DO SEQUENCIAMENTO

Avanços técnicos permitem análises cada vez mais extensas, rápidas e baratas

1977 SANGER

Sequência inicialmente determinada pela distância entre bases e marcas radioativas, depois substituídas por fluoróforos (extensões fluorescentes). Fragmentos de DNA clonados em bactérias são sequenciados e montados, com base nas sobreposições entre eles



consórcio lançado em 2022 que reúne pesquisadores de vários países, propõe sequenciar todas as espécies – inclusive a grande proporção ainda desconhecida pela ciência, sobretudo de seres unicelulares e pequenos invertebrados – ao longo de 10 anos. O objetivo é “conhecer, utilizar e conservar a biodiversidade”. Debaxo desse guarda-chuva estão outros projetos, como o sequenciamento de todos os mamíferos (Zoonomia, *ver Pesquisa FAPESP nº 328*) e de primatas (*ver Pesquisa FAPESP nº 329*).

A bioinformata brasileira Marcela Uliano-Silva, do Instituto Wellcome Sanger, no Reino Unido, integra o Darwin Tree of Life, que pretende desvendar o genoma de todos os organismos do Reino Unido. Ela justifica a necessidade desse olhar amplo: “Tudo na biologia é investigado na base da comparação”. São cerca de 70 mil espécies, das quais mil já estão com o sequenciamento quase pronto. “Temos ao todo por volta de 2.700 genomas em algum ponto do processo”, calcula. Enquanto são gerados, os dados já ficam disponíveis e podem ser analisados por quem tiver interesse. “O primeiro grande bloco de sequenciamentos foi de lepidópteros, a família das borboletas e mariposas”, conta a bioinformata.

Em busca da diversidade para além da genética, Uliano-Silva também integra a comissão de Justiça, Equidade, Diversidade e Inclusão do EBPP, que busca, entre outras coisas, evitar uma “neocolonização científica” em consequência da preponderância dos países mais abastados nesses

A NOVA ONCOLOGIA

Pedro Galante, do IEP-HSL, avalia que a oncologia está em um patamar muito diferente em relação a poucos anos atrás e que os avanços agora são muito rápidos. Já é possível direcionar tratamentos agressivos – e extremamente caros – a pacientes que tenham mais chances de serem beneficiados, por características do perfil de mutações dos tumores e do sistema imunológico do paciente, por exemplo. “Isso graças a descobertas dos últimos cinco anos.”

Um exemplo, publicado este ano na revista científica *Cancers*, foi encontrar nas células de leucemia mieloide aguda – um tipo de câncer ainda sem tratamento satisfatório – uma grande atividade de 19 genes de receptores olfatórios, normalmente envolvidos com a detecção de odores. Foi um achado surpreendente, que pode auxiliar no diagnóstico precoce da doença e, quem sabe, revelar potenciais alvos terapêuticos.

Os tumores de pele em portadores da doença xeroderma pigmentosa têm um aumento de inserção de elementos de transposição, os retrotransposons, de acordo com artigo do grupo de Carlos Menck, do ICB-USP, publicado em maio na revista *Carcinogenesis*. “Fomos os primeiros a mostrar isso, graças a uma ferramenta bioinformática desenvolvida por Pedro Galante”, afirma Menck. O estudo indica que essas inserções causam instabilidade no genoma e podem estar na base do desenvolvimento de tumores e identifica uma enzima com papel importante na manutenção da estabilidade. “Estamos agora investigando o mecanismo de ação.”

1990

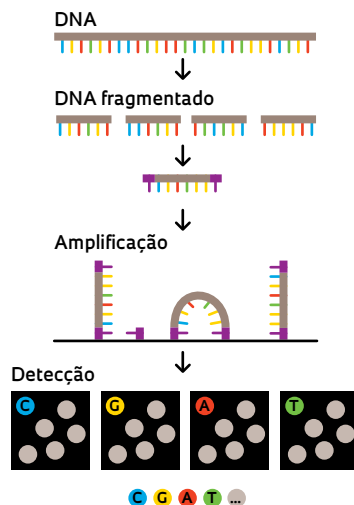
Início do Projeto Genoma Humano

2001

Anúncio da sequência preliminar completa

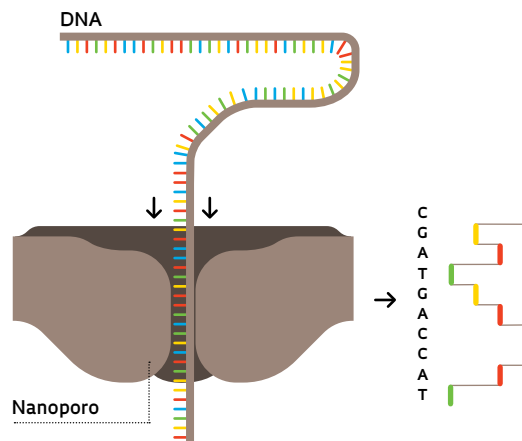
2005 NOVA GERAÇÃO (NGS)

Depois de amplificação *in vitro*, milhões ou bilhões de fragmentos de DNA são imobilizados em uma superfície bidimensional, onde estão expostos ao mesmo tempo ao reagente que faz a leitura por marcações fluorescentes



2011 TERCEIRA GERAÇÃO

Leitura de trecho longo de DNA em tempo real, distinguindo grupos de bases por diferenças de voltagem, permite o sequenciamento rápido e com custo menor, facilitando a montagem do genoma





Jaguar, lobo-guará e protozoário: organismos muito diferentes podem ter genes semelhantes



AUTISMO

Estudos genômicos em quadros de autismo vêm indicando variantes de genes associadas ao distúrbio e a atrasos no desenvolvimento, de acordo com estudo publicado em 2022 na revista *Nature Genetics* com a participação de Maria Rita Passos-Bueno, do Centro de Estudos do Genoma Humano. A estratégia parece promissora para compreender melhor as bases neurobiológicas do transtorno do espectro autista (TEA).

Em busca de entender os fatores hereditários, ou os efeitos da idade dos pais no nascimento de crianças com TEA, parece ser promissora uma análise que considera três gerações de cada família, em vez de estudos populacionais mais amplos. Um artigo realizado no CEGH-USP relatando a análise de 33 famílias, publicado este ano na revista *Genetics*, favorece a abordagem – embora a amostra pequena ainda seja insuficiente para grandes conclusões.

grandes consórcios internacionais. Nesse papel, ela tem recebido contato de pesquisadores brasileiros com interesse em integrar esse tipo de projeto e defende que se organizem iniciativas semelhantes por aqui.

Um projeto em estágio inicial no Brasil planeja sequenciar todos os tetrápodes (vertebrados com quatro membros) do país, uma iniciativa do primatólogo Jean Boulbi, da Universidade de Salford, no Reino Unido, em parceria com o grupo do Centro de Estudos do Genoma Humano da USP (CEGH-USP). “Trabalhamos com uma sequenciadora Illumina NovaSeq 6000”, explica a geneticista Maria Rita Passos-Bueno, referindo-se a um dos aparelhos mais modernos. Embora o foco do CEGH esteja em doenças genéticas raras, ela está empolgada com a nova empreitada. “Estamos organizando a coleta de amostras com o Museu de Zoologia da USP, onde vão conferir a qualidade das amostras antes de nos enviar.” Um teste inicial sequenciou 70 amostras de aves, com sucesso. “Me interessa usar dados de primatas não humanos para entender o genoma humano”, diz ela, voltando a seu interesse principal. “Se encontramos em seres humanos uma variante que é comum em outros animais, a chance é grande de ela não estar por trás de problemas”, explica.

Conseguir uma infinidade de genomas completos nem é o salto mais importante da nova genô-

mica. O crucial foi perceber que o foco nos genes que produzem proteínas restringe a atenção a apenas 1,2% do DNA humano. No que diz respeito a eles, as pessoas são 99,9% iguais. A maior parte do genoma consiste em sequências que controlam e orquestram a ação dos genes e que são os verdadeiros responsáveis pelas diferenças entre organismos, em grande parte por ação de moléculas de RNA com funções regulatórias. Esse é um dos conceitos da área conhecida como “evo-devo” (evolução e desenvolvimento, *ver* Pesquisa FAPESP nº 152): ao longo do desenvolvimento, ajustes na construção das mesmas estruturas podem gerar resultados muito distintos, como a mão de uma pessoa e a asa de um morcego. “O hardware é o mesmo, o que muda é o software”, compara o geneticista molecular Paulo Amaral, do Insper. “A esponja-do-mar, que usamos de bucha, tem genes bem semelhantes aos nossos.”

O entendimento de que pequenas moléculas de RNA desligam genes (*ver* Pesquisa FAPESP nº 133) rendeu em 2006 o prêmio Nobel aos norte-americanos Andrew Fire e Craig Mello. Com as novas técnicas que surgiram desde então, a sua ação está cada vez mais posta em evidência. “Pela primeira vez, estamos produzindo genomas completos, incluindo as partes não codificantes, bem como os RNA produzidos por eles”, afirma Amaral.

Ele publicou neste ano, em parceria com o geneticista australiano John Mattick, da Universidade de Nova Gales do Sul, na Austrália, o livro *RNA – The epicenter of genetic information* (CRC Press). A base para o volume, depois ampliada e



Mico, abelha, boto, morcego, marsupial, esponja-do-mar: regulação no desenvolvimento gera parte das diferenças

QUANTOS GENES?

O número não tem relação com a complexidade do organismo

Ser humano
(*Homo sapiens*) ~20.000

Camundongo
(*Mus musculus*) ~22.000

Verme
(*Caenorhabditis elegans*) ~20.000

Mosca
(*Drosophila melanogaster*) ~13.600

Planta
(*Arabidopsis thaliana*) ~25.500

FONTE: MATTICK E AMARAL, 2023

atualizada, foi a revisão que lhe valeu três meses enfiado na biblioteca durante o doutorado, defendido em 2011 na Universidade de Queensland, também na Austrália, no então laboratório de Mattick. O volume repassa a história da biologia molecular desde o século XIX até agora, com foco no dilema que ainda na graduação atraiu Amaral: a função considerada principal para o RNA era traduzir genes em proteínas. Por que, então, a maior parte do genoma humano representa instruções para moléculas de RNA que não produzem proteínas? Exemplos marcantes são o gene *Xist*, que produz longos RNA reponsáveis por silenciar um dos dois cromossomos X nas células femininas de mamíferos, e o envolvimento em doenças como câncer. Junto com o grupo do imunologista Helder Nakaya, do Hospital Israelita Albert Einstein, em São Paulo, Amaral tem investigado a ação de RNA não codificadores na produção de resposta imunológica a vacinas ou em doenças cardiovasculares e neurológicas. Ao fim, o livro alça o RNA ao posto de “motor computacional da célula, do desenvolvimento, da cognição e da evolução”. “Já estamos escrevendo atualizações para uma segunda edição”, ele revela. As descobertas científicas estão avançando mais depressa que o processo editorial.

Assim, também ganham cada vez mais destaque os elementos de transposição (ver Pesquisa FAPESP nº 246), ou transposons, descritos inicialmente nos anos 1940 pela geneticista norte-americana Barbara McClintock como os responsáveis pela variação de cor nos grãos de espigas de milho – e que tendem a ter sequências repetitivas.

DIABETES E METFORMINA

O principal tratamento oral para controlar a glicemia em portadores de diabetes do tipo 2 é a metformina, mas seu modo de ação ainda guarda mistérios e só genes codificadores de proteínas tinham sido estudados nesse contexto. O grupo de Glória Franco, da UFMG, buscou formas das moléculas de RNA longas não codificadoras (lncRNA), de acordo com artigo publicado em 2022 na revista científica *Non-coding RNA*. A conclusão, ainda exploratória, de que o medicamento regula formas críticas de lncRNA que podem afetar a resposta ao tratamento, assim como a proliferação celular e o metabolismo de energia das células podem ser promissores na investigação de como ele atua.

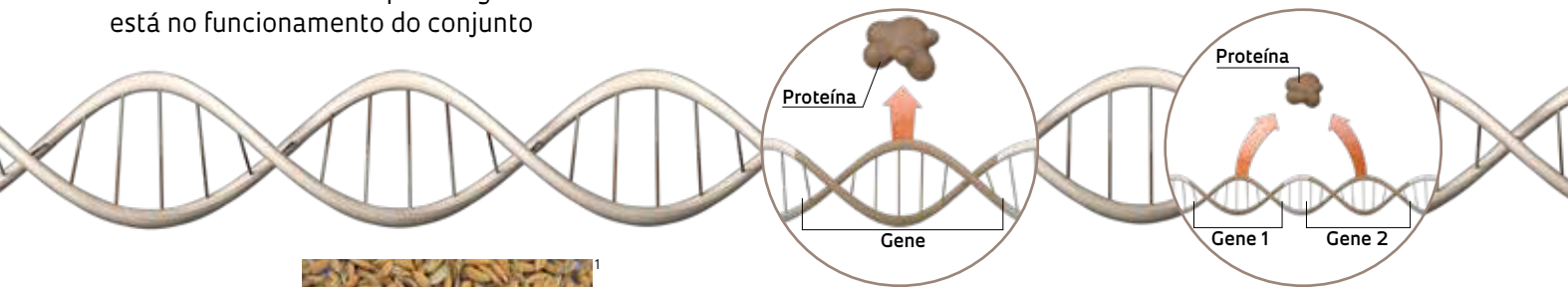
Franco participou dos primeiros projetos genoma trabalhando com o DNA do verme *Schistosoma mansoni*, causador da esquistossomose, e agora se interessa pela relação entre lncRNA e câncer, e resposta a fármacos.

DO GENE AO GENOMA

De meados do século XX para cá, a capacidade de enxergar em maior detalhe revelou que o segredo está no funcionamento do conjunto

Na visão mais antiga, um gene trazia o código para uma proteína; mutações podem ter efeitos graves

Mais dados indicaram que muitas características e doenças são influenciadas por vários genes atuando juntos



Arroz, tomate e borboleta: elementos de transposição contribuem para variações

São trechos replicados que podem saltar e se inserir em outra parte da fita de DNA, passando a influenciar os genes vizinhos com agilidade para sofrer alterações e gerar novidades.

Um artigo recente do grupo de Galante, depositado em fevereiro no repositório bioRxiv, investigou a origem de RNA regulatórios a partir de elementos de transposição, as retrocópias, em primatas. Cinco das 17 moléculas estudadas se mantêm iguais em todos os primatas, enquanto duas são específicas do genoma humano e podem estar envolvidas em processos biológicos essenciais, como metabolismo, comunicação entre células e desenvolvimento de vários tipos de câncer. “A linha que separa os elementos de transposição dos genes está cada vez mais tênue”, celebra a botânica Marie-Anne van Sluys, que via o tema como pouco valorizado, apesar de concentrar-se nele há décadas e atualmente liderar um estudo sobre genes, genomas e elementos de transposição em cana-de-açúcar e sua associação na interação com patógenos. Um estudo de seu grupo depositado em 2020 no repositório bioRxiv identificou um elemento de transposição capaz de modular o desenvolvimento e a expressão gênica em plantas de tabaco em resposta a estresse. “Em mamíferos, já ficou claro que eles se destacam como motores de diversificação.”

Os resultados também incluem as marcas epigenéticas (como padrões de metilação) que regulam o funcionamento do DNA sem alterar sua sequência e indicam como os genes interagem com o ambiente (*ver infográfico acima*). Eles podem estar por trás de certos tipos de tumores e sua detecção em DNA circulante na corrente sanguínea tem se revelado uma ferramenta diagnóstica promissora

LAVOURA GENÔMICA

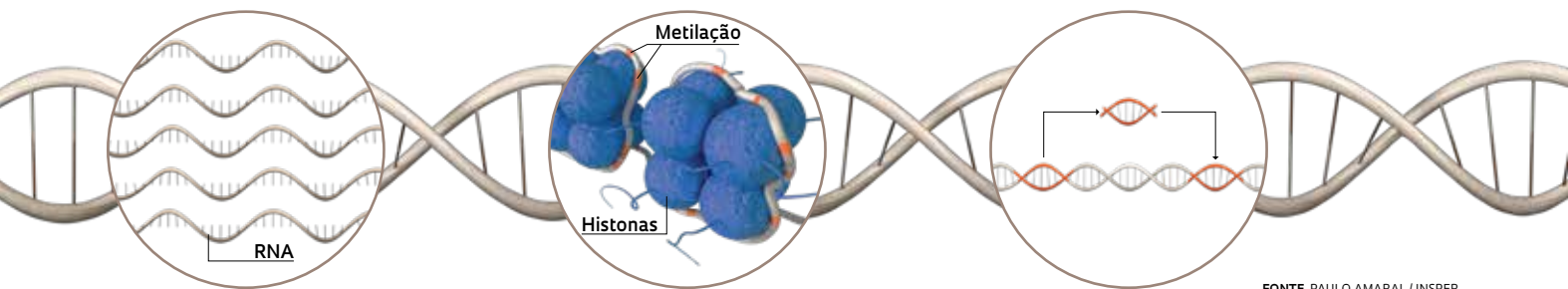
A pangenômica já chegou aos principais cultivos responsáveis por alimentar a humanidade. Sabe-se que algumas plantas passam naturalmente por duplicações do genoma inteiro, ficando com várias cópias do DNA em suas células. Esse processo aumenta a chance de gerar elementos de transposição – e, portanto, novas respostas a condições ambientais –, de acordo com artigo publicado em 2021 na revista *Genome Biology* pelo biólogo brasileiro Rafael Della Coletta, estudante de doutorado na Universidade de Minnesota, nos Estados Unidos.

Os transposons estão por trás de mudanças como reprimir o funcionamento do gene que promove o florescimento de milho quando os dias estão mais longos, promover tolerância a alumínio em arroz e gerar a forma oval dos tomates do tipo roma. De acordo com a publicação, identificar a relação causal entre mudanças no fenótipo (características observáveis de um organismo) e novidades genômicas, que podem ser alteradas por edição gênica conforme a necessidade de produção agrícola, representaria uma nova era na domesticação de plantas comestíveis.

O RNA, antes visto como uma ferramenta para fazer proteínas, emergiu como importante elemento regulador

Mecanismos epigenéticos, como metilação e modificação de histonas, têm papel crucial na orquestração do genoma

Elementos de transposição geram novidades genéticas e permitem adaptação mais rápida do que outros processos



FONTE PAULO AMARAL / INSPER

e prática, a chamada biópsia líquida desenvolvida em anos recentes (ver Pesquisa FAPESP nº 253).

A URGÊNCIA DA BIOINFORMÁTICA

Processar e interpretar a imensidão de dados gerados requer a formação de profissionais muito especializados, os bioinformatas. Marcela Uliano-Silva está imersa nessa necessidade e acaba de desenvolver um programa de acesso aberto para a montagem de genomas mitocondriais, algo que ainda não existia, de acordo com artigo publicado em julho na revista científica *BMC Bioinformatics*. É um tipo de DNA especial: resulta de uma antiga simbiose com bactéria e é circular e transmitido geralmente de mães para filhos. Ela avisa: é impreterível que biólogos aprendam programação porque há muita necessidade de desenvolvimento de software para analisar e visualizar os dados.

Galante completa que a formação não costuma estar nos cursos de graduação brasileiros. Para tornar-se bioinformata, avisa, muitas vezes é necessário voltar aos estudos para aprender estatística e matemática, algo que a maior parte das pessoas com formação em ciências biológicas não está disposta a fazer. “As demandas em estatística e computação para analisar dados genômicos estão cada vez mais complexas”, diz. Enquanto isso, a necessidade surge e aumenta na iniciativa privada, segundo ele, e os estudantes formados em seu laboratório que dominam essa área terminam o doutorado com emprego garantido em laboratórios de análises clínicas e de oncologia, ou empresas que buscam o desenvolvimento de tecnologias computacionais. “Em cinco anos se formou um ecossistema dessas indústrias que demandam bioinformatas no país.”

Os avanços tecnológicos fazem sentido, e atingem seu potencial máximo, por meio de perguntas científicas sólidas. Mas essa é uma relação de mão dupla, ressalta Carlos Menck. “Quando buscamos uma ferramenta para resolver um problema, às ve-

GENÔMICA NACIONAL

Iniciativas brasileiras, com apoio da FAPESP, mantiveram o país em linha com o que era feito no exterior. Iniciado em 1997, o sequenciamento da bactéria *Xyllela fastidiosa* uniu 35 laboratórios e 191 pesquisadores de instituições paulistas no âmbito da Rede de Organização para Sequenciamento e Análise de Nucleotídeos (Onsa). Foi o primeiro sequenciamento de um organismo causador de doença em plantas, com relevância comercial, que ganhou a capa da revista *Nature* em 13 de julho de 2000.

Nesse começo do século, foram também finalizados o Genoma Cana, o Genoma do Câncer e o da bactéria *Xanthomonas citri*, causadora do cancro cítrico.

Os resultados, fundamentais para o estabelecimento de uma cultura científica contemporânea, envolveram a instalação de dezenas de laboratórios, a articulação entre grupos de pesquisa, o estabelecimento de bancos de dados compartilhados e o desenvolvimento da bioinformática. Também inspirou a criação de grupos de pesquisa em todo o país.

“A formação da rede Onsa foi uma iniciativa muito ousada e de risco, que fluiu muito bem e gerou grandes resultados. Construir uma metodologia capaz de entregar uma sequência foi importantíssimo e formou muita gente nessa área”, disse o geneticista Marcio de Castro, diretor científico da FAPESP, em entrevista (ver Pesquisa FAPESP nº 328).

zes aprendemos algo que muda a questão científica.” Muitos pesquisadores de áreas ligadas à saúde que passam a maior parte do tempo no laboratório fazendo pesquisa básica, como é seu caso, têm um objetivo claro: resolver o problema dos pacientes. Enquanto buscam soluções para dificuldades práticas sobre diagnóstico ou como fazer o fármaco chegar aonde precisa, por exemplo, desvendam modos de ação moleculares; e enquanto investigam o funcionamento do DNA, podem encontrar inesperadas soluções aplicadas. ■

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

DOMADOR DO CAOS

Físico curitibano cria estratégias para intervir em sistemas complexos como o clima e as redes ecológicas

Ricardo Zorzetto e Carlos Fioravanti

RETRATO Adriana Meneguzzo Scaglioni

Quando era criança, Celso Grebogi acordava às 5h, ajudava o pai a distribuir os pães na região sul de Curitiba e depois ia à escola. Mais tarde, fez um curso técnico no ensino médio, graduou-se em engenharia química, saiu da capital paranaense para fazer mestrado no Rio de Janeiro e viveu 27 anos nos Estados Unidos. Em 1981, contratado como professor pela Universidade de Maryland, começou a estudar uma área nascente, a dos sistemas não lineares – as estruturas matemáticas que apresentam vários caminhos e múltiplos cenários finais, definidos a partir das condições iniciais –, que incluem a teoria do caos, na qual ele conquistou reconhecimento internacional.

Em março de 1990, Grebogi e outros dois professores de Maryland, Edward Ott e James Yorke, apresentaram o método OGY (o nome deriva das iniciais dos sobrenomes) na revista científica *Physical Review Letters*. Trata-se de estratégias para controlar, ainda que parcialmente, os sistemas caóticos, depois verificadas experimentalmente e usadas em telecomunicações e previsões climáticas (ver Pesquisa FAPESP nºs 65 e 107).

Diretor do Instituto de Sistemas Complexos e Biologia Matemática do King's College da Universidade de Aberdeen, na Escócia, e professor visitante em duas universidades da China, ambas em Xi'an, com 431 artigos científicos publicados, ele trabalha atualmente com redes ecológicas, prevendo o efeito de migrações de populações de animais, e com a interação entre o cérebro e o computador. Casado com uma paulistana formada em artes, Adriana Meneguzzo Scaglioni, com quem tem um filho, Mateus, de 22 anos, Grebogi concedeu esta entrevista por plataforma de vídeo no início de janeiro de sua casa, em Aberdeen.

IDADE 75 anos

INSTITUIÇÃO

Universidade de Aberdeen, Escócia

ESPECIALIDADE

Física de plasmas, sistemas complexos e teoria do caos

FORMAÇÃO

Graduação em engenharia química pela UFPR (1970), mestrado em física pela PUC-RJ e pela Universidade de Maryland, Estados Unidos (1975), doutorado em física pela Universidade de Maryland (1978)



Em 2001, você veio dos Estados Unidos, ficou quatro anos na Universidade de São Paulo [USP] e foi para a Escócia. Não conseguiu se aquietar?

Saí dos Estados Unidos em 2001, um ano depois de meu filho nascer. Eu não queria que ele fosse educado lá, mas voltamos para o Brasil por outra razão. Vim de uma família extremamente pobre e consegui fazer tudo por causa do Brasil. Não paguei universidade, estudei na PUC-RJ [Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro] com bolsa do CNPq [Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico] e queria dar minha contribuição ao país. Dei aula para turmas grandes, de 900 estudantes, na Escola Politécnica da USP, e no Instituto de Física da USP para turmas de 150 a 200 estudantes. Mas as coisas ficaram complicadas naquele momento na universidade. Estava muito difícil trabalhar. Sempre havia protestos, alto-falantes e pessoal reivindicando aumento de salário. Eles fechavam os prédios e eu não podia ir a minha sala. Foi desagradável. Até que recebi um convite do vice-chanceler da Universidade de Aberdeen para ir para a Escócia. Eu estava escrevendo o e-mail: “Eu não quero sair do Brasil, vim aqui para ficar”, quando minha mulher, Adriana, disse: “Celso, você não está feliz, não quer dar uma olhada na proposta?”. Olhei e aceitei. Foi tudo muito rápido. Vim para a Escócia em 8 de junho de 2005 e acertei tudo. Voltei ao Brasil, saí da USP e nos mudamos. Comecei aqui em 31 de julho. Só algum tempo depois retornamos a São Paulo para vender o apartamento. Aceitei uma posição importante, a cadeira de sexto século. Sexto século por causa da idade da universidade, criada em 1495. É uma das mais antigas da Escócia. A mais antiga é St. Andrews, de 1413, a cerca de 150 quilômetros daqui.

Conseguiu fazer o que queria em Aberdeen?

Como fundador e diretor do Instituto de Sistemas Complexos e Biologia Matemática, empreguei, com o apoio da administração, 14 professores em vários níveis e trouxe pesquisadores visitantes, estudantes de pós-graduação e estagiários de pós-doutorado. O instituto funciona em média com 40 a 50 pessoas. Fico mais na administração e deixo o pessoal livre, mas, em reuniões semanais, acompanho

o que fazem e ajudo no que posso. Passo a maior parte do tempo me dedicando a minhas pesquisas. Como eu já havia dado aula por 40 anos, quando vim para cá, pedi, como parte do contrato, que eu não precisasse ministrar aula ou cuidar dos cursos. Minha participação no ensino é a interação com os estudantes de pós-graduação e em estágio de pós-doutorado e com os colegas. Já produzimos bastante.

Que trabalhos destacaria?

Um deles, muito interessante, trata do controle de produção de proteínas nas células. As proteínas são produzidas a partir da informação contida no DNA, armazenado no núcleo das células. Uma molécula chamada RNA mensageiro copia o trecho do DNA que codifica uma determinada proteína e leva essa cópia até a periferia da célula, onde a informação é lida por uma estrutura chamada ribossomo, que une os aminoácidos e forma a proteína. Quem traz os aminoácidos até o ribossomo é outra molécula, o RNA transportador. Cada aminoácido é codificado por uma sequência de três letras [bases nitrogenadas] do RNA men-

sageiro. Esses trios de bases nitrogenadas formam 64 combinações possíveis, mas apenas 20 aminoácidos entram na composição das proteínas. Isso significa que algumas combinações são como sinônimos e representam um mesmo aminoácido. Como a quantidade de alguns tipos de RNA transportador é muito baixa, o ribossomo tem de ficar esperando. Nesse projeto, olhamos para a parte matemática do problema e procuramos melhorar. Mostramos que é possível substituir alguns trios por outros, que são sinônimos e funcionam mais rápido. Assim, aumentamos a produção de proteínas, inclusive com impacto na indústria. A base desse trabalho é matemática, vimos teoricamente o congestionamento de aminoácidos no ribossomo, e os biólogos daqui fizeram os experimentos. Depois fomos além. Licenciemos essa tecnologia, porque as empresas precisam acelerar a produção rápida de proteínas, usadas, por exemplo, em diagnóstico de doenças. Esse trabalho foi feito há uns 10 anos e até hoje recebemos *royalties* para continuar pesquisas nesse tópico.

Como é o trabalho entre especialistas de áreas diferentes?

A interação entre áreas diferentes é fundamental para fazer bons trabalhos. Não podemos pensar a ciência do século XXI sem interdisciplinaridade. Aplicamos conceitos da matemática para fazer uma biologia teórica, porque até recentemente a biologia era totalmente empírica. Queremos entender fenômenos naturais, fazer previsões de experimentos e melhorar o nível de vida da população. Os biólogos estavam na entrevista inicial que fiz com o vice-chanceler, fizeram perguntas específicas e mostraram grande interesse em trabalhar com matemáticos e físicos. Eu nunca tinha trabalhado com biologia, mas imediatamente comecei a ir a seminários e conferências no Instituto de Ciência Médica e logo bolamos projetos de pesquisa conjuntos. Com um amigo matemático do Imperial College London, envolvendo biólogos também, conseguimos um financiamento de £ 4,6 milhões [aproximadamente R\$ 29,5 milhões] do Conselho de Pesquisa em Biotecnologia e Ciências Biológicas [BBSRC] propondo novas abordagens para entender os mecanismos de adaptação e de patogenicidade de *Candida albicans* e *C. glabrata*, duas espécies de



Queremos entender fenômenos naturais, fazer previsões e melhorar o nível de vida da população

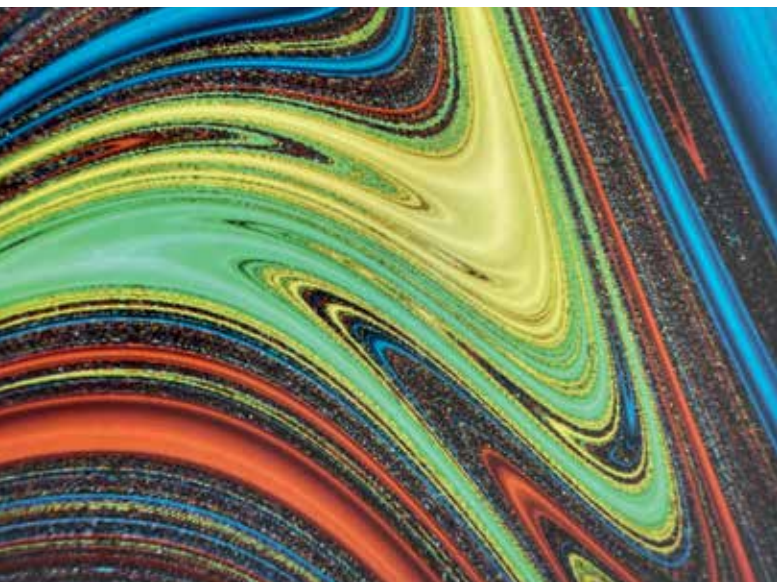


Imagem gerada em 1995 a partir de equação de controle do caos desenvolvida por Grebogi e colaboradores

fungo que vivem no organismo humano e normalmente são detidas pelo sistema de defesa, mas, às vezes, causam doenças. Nesse e em outros projetos, olhamos para os dados, tentamos fazer um modelo matemático e o aplicamos. Se não dá certo, corrigimos ou jogamos fora e tentamos de novo. Quando funciona, as equações fazem previsões dos resultados de experimentos dos biólogos e ajudam a melhorar os modelos.

Que fenômenos biológicos podem ser convertidos em equações ou modelos matemáticos?

Depende, há vários níveis e sistemas. Podemos simplificar bastante, por exemplo, o funcionamento do coração, vendo os sinais elétricos cardíacos e manipulá-los com pequenas perturbações. O do cérebro também, até certo ponto. Em uma cirurgia de uma criança com epilepsia, é possível manipular o funcionamento do cérebro com implantes que corrijam o que não está adequado. Mas não dá para modelar as interações entre as biomoléculas nas células ou as redes de neurônios entre os dois hemisférios cerebrais. Temos de pegar um nível de interação e ver o que pode ser feito. Fiz um trabalho com uma jovem chinesa maravilhosa, Lin Gao, sobre o efeito do álcool durante a gravidez. Avaliamos a conectividade entre os neurônios em 19 adolescentes com exposição pré-natal ao álcool e 21 adolescentes saudáveis, como grupo de controle. Em um artigo de 2019 na revista *Chaos*, mostramos que as crianças expostas ao álcool no período pré-natal

correm o risco de desenvolver transtorno fetal do espectro alcoólico (Fasd), caracterizado por falhas na conectividade entre os hemisférios cerebrais, o que pode levar a déficits em funções cognitivas. Essa estudante fez o trabalho de campo nos Estados Unidos, com jovens de 15 anos, ficou aqui seis meses e depois outros três. Desenvolvemos uma técnica que reproduz a comunicação entre os neurônios cerebrais e vimos que qualquer nível de álcool, mesmo baixo, como o ingerido no consumo casual, uma vez por semana, pode causar uma perturbação tremenda nas redes entre as partes do cérebro. Vimos também a direção da informação, de onde vem e para onde vai. Com o auxílio de um biólogo que entrou no grupo, essa técnica resultou em um possível medicamento contra a demência, desenvolvido aqui em Aberdeen, que está sendo testado na Europa, nos Estados Unidos e na Ásia.

Com esses trabalhos, você e seu grupo estão mostrando claramente que é possível aplicar os conceitos de sistemas complexos, que era um objetivo seu anunciado há muitos anos.

Sim, mas, em um sistema não linear, é praticamente impossível obter funções matemáticas fechadas, que deem conta de todos os fenômenos, porque há muitas partes. Desde os anos 1970 há duas técnicas básicas para descobrir as equações que regem as unidades de sistemas não lineares, uma em que os modelos matemáticos geram os dados e outra, no caminho inverso, em que os dados geram

os modelos. Eu e meu ex-estudante, de um dos principais grupos de física dos Estados Unidos, apresentamos em 2011 na *Physical Review X* novos usos para uma técnica chamada *compressive sensing* (detecção compressiva), em que se usa um conjunto de dados para obter a imagem completa de um fenômeno. Um exemplo simples: em um exame de ressonância magnética, a pessoa fica em média 30 minutos imóvel, dentro do aparelho, porque o sistema gera imagens com 1 ou 2 milhões de pixels que são transmitidos para o computador. É isso que demora. Usando o *compressive sensing*, mostramos que se pode enviar só alguns poucos pixels e obter uma construção perfeita da imagem.

Vocês criaram um filtro de informação?

Não um filtro, mas um mecanismo de seleção aleatória de informações, que já é o suficiente para obter as equações de sistemas complexos, em forma de funções, e chegar ao resultado desejado. Por exemplo, se quero determinar a rede de amizades dos estudantes na sala de aula, posso escolher qualquer pessoa. Uma tem um amigo, outra pode ter cinco, outra sete, não mais que isso. Em uma sala com 100 estudantes, posso determinar exatamente a rede de amizades entrevistando 60 deles. Não é preciso examinar tudo. Há um problema antigo da matemática: como encontrar uma moeda falsa entre 12 moedas? Todas são iguais, mas a falsa é mais pesada ou mais leve que as outras. Quantas pesagens tenho de fazer para encontrar a falsa? Já que a moeda falsa é escassa, apenas 1 em 12, não preciso fazer 12 pesagens, mas apenas três, com grupos de três moedas, e ver se o peso total ficou maior ou menor. Também fizemos experimentos para validar o *compressive sensing*. O meu amigo chinês da Universidade Estadual do Arizona, Ying-Cheng Lai, fez um teste para ver a rede de amizades entre 22 estudantes. Com 12 dados já se pôde estabelecer a rede de amizade entre eles. Incrível.

O que tem feito na China?

Nos últimos anos passei seis meses por ano na China, interagindo com as principais universidades de lá, fundando departamentos de física. Lá é muito fácil trabalhar em áreas interdisciplinares, como nos Estados Unidos e no Reino Unido. Toda a minha pesquisa na China é

aberta e o pessoal é bom, extremamente treinado, com uma disciplina incrível. Lá nunca sei quando é sábado, domingo ou segunda, porque o trabalho é igual todo dia. Um dos lugares em que às vezes passo algum tempo, Xi'an, se tornou uma referência no uso da teoria do caos na comunicação de uma maneira sofisticada. Codificamos uma trajetória contendo a mensagem a ser transmitida usando perturbações pequenas no sistema caótico. Tenho trabalhado bastante em dispositivos para a comunicação entre cérebro e computador, codificando as trajetórias vindas da cabeça. Fizemos até um show de televisão lá. Colocamos estudantes em cadeiras de rodas, eles olhavam para uma tela à frente deles e controlavam os movimentos da cadeira de rodas só usando a mente, nada mais. Transferir os dados da cabeça para o computador, a chamada interface cérebro-máquina, é bem complicado.

Você começou na engenharia química e migrou para a física, matemática e biologia. O que motivou as mudanças de área?

Eu falo para o meu filho, Mateus: “Não se preocupe, se precisar mudar de área, mude”. Ele está se formando agora em química e biologia na Universidade de St. Andrews, a cerca de 150 quilômetros daqui, e indo para medicina. Fiz engenharia química porque os melhores professores daquela época na Universidade Federal do Paraná [UFPR] estavam nesse curso. Os três primeiros anos foram extremamente bons, mas o quarto e o quinto, não. Me aproximei do Instituto de Física, especialmente de um professor chamado Hugo Frederico Kremer [1929-1969], que estava criando a pós-graduação no Paraná. Mas ele foi assassinado na própria faculdade por outro professor e perdi a vontade de ficar por lá. Kremer já tinha sugerido que eu fizesse o mestrado na PUC-RJ, que tinha professores muito bons naquela época. Minha ideia era estudar relatividade, que eu já tinha começado a ver com Kremer. Fiquei três anos dando seminários, assistindo a aulas e entendendo relatividade. Mas na PUC-RJ as coisas não iam para a frente, muitos professores já tinham saído e um colega brilhante começou a beber e acabou morrendo. Um dia um professor me disse: “Você nunca vai ter chance de sair do Brasil, porque você precisa fazer

um mestrado na PUC”. E o mestrado da PUC não ia para frente. Me rebelei, fui para o consulado dos Estados Unidos em Curitiba e o vice-cônsul me deu uma bolsa para estudar em Maryland. Foi uma decisão pessoal dele, e também me deu a passagem de ida pela Pan Am [empresa aérea internacional fechada em 1991].

Os anos na PUC foram perdidos?

Não, porque não precisei fazer todos os cursos em Maryland. Estudei relativamente com Charles Misner, que hoje está com 90 anos. Terminei o mestrado em um ano e em 1976 ele me chamou: “Quais são seus planos?”. Eu disse que queria continuar com o doutorado, iniciado no ano anterior, e voltar para o Brasil. Ele disse: “Volte, sim, porque a relatividade é um conceito importante e só vou orientar estrangeiros que voltem para seus países”. Mas no doutorado mudei para física de plasma, com um físico recém-chegado de Princeton, muito bom, Chuan Sheng Liu. Em 1978 fui para um pós-doutorado na Universidade da Califórnia em Berkeley e comecei a aprender outras coisas. Passava a maior parte do tempo no Departamento de Matemática

em aulas e seminários sobre sistemas dinâmicos e teoria do caos. Aí voltei como professor para Maryland, onde fiquei de 1981 a 2001.

Foi nessa volta que começou a se dedicar à teoria do caos?

Exatamente. Quando comecei, era uma área ainda nova, em que havia muitas diferenças de terminologia. O pessoal da aplicação tinha se envolvido com a dinâmica não linear, que inclui a teoria do caos, e estava descobrindo novos fenômenos e aplicações. Em Maryland tínhamos uma vantagem que os matemáticos não tinham: podíamos fazer conjecturas [ideias ou fórmulas baseadas em fundamentos não verificados empiricamente] e ir adiante. Freeman Dyson [1923-2020], um físico inglês que conheci pessoalmente na Royal Society em Londres, escreveu corretamente que o caos não pode ser controlado, porque uma pequena perturbação pode ter efeitos sobre toda a estrutura caótica. Ele estava correto. Mas mostramos que, com uma pequena perturbação, podemos alterar o sistema caótico para a trajetória se comportar de uma maneira que queremos.

É esse o método OGY?

Sim. Ele foi uma maneira de mostrar que o caos poderia ser alterado, com pequenas perturbações, que teve consequências na teoria de comunicações e em outras áreas. Logo depois de nosso artigo apresentando essa abordagem, publicado na *Physical Review Letters* em 1990, o grupo do Antônio Azevedo da Costa e Sérgio Rezende, na Universidade Federal de Pernambuco, mostrou isso experimentalmente. Eles submeteram uma amostra de lítio e ferro a um campo magnético e alinharam os spins [propriedade de um elétron, que define sua interação com o campo magnético]. Usando uma frequência de micro-ondas, formaram ondas de spins e as perturbaram, para controlar o comportamento das ondas, de acordo com uma das estratégias que havíamos sugerido. Foi a primeira verificação experimental do controle de caos. Depois uma equipe da Universidade da Califórnia em Los Angeles aplicou essa estratégia para controlar os ritmos do coração e do cérebro, no Hospital da Criança, em Washington. O caos é comum na natureza. Nesses casos, como são sistemas altamente dissipativos [com



Com uma
pequena
perturbação,
podemos alterar
o sistema
caótico para
se comportar
como
queremos

perda ou transformação de energia], com pequenas perturbações pode-se levar o coração e o cérebro a estados diferentes, porque o sistema caótico acessa diferentes estados periódicos o tempo todo. Mostramos que é possível escolher um dos estados periódicos e, com uma pequena perturbação, fazer com que, assintoticamente [de modo bastante aproximado], o estado caótico se transforme em periódico. Mas em sistemas de dimensão mais alta, como redes complexas, o negócio é complicado.

Os conceitos básicos sobre o controle do caos que você criou com seus colegas ainda são usados?

São usados, sim. Um deles, o de limites da bacia fractal [separação de duas ou mais orientações em um sistema caótico], serve para estudar o aquecimento global, porque as mudanças ambientais e climáticas dependem de vários fatores. Uma paisagem pode sofrer uma mudança de estado, por exemplo, com pequenas alterações. Hoje, 50% do espaço ecológico terrestre já sofreu mudanças irreversíveis, por causa da fragmentação das florestas, do desenvolvimento urbano etc. Em 2040, a Terra estará se aproximando da mudança do estado planetário. Posso descrever esses fenômenos de duas maneiras. Olhando a função resiliência, que leva a uma bifurcação, com dois estados, o de sobrevivência de um lado e o de extinção de outro. Ou olhando a sobrevivência, também com uma bifurcação, com uma possibilidade de recuar e outra para avançar. Podemos já estar em um momento de crise, um dos conceitos formulados em Maryland. Já passamos do ponto de não retorno e estamos esperando o colapso ocorrer, mesmo sem nenhuma deterioração ambiental extra. Existe a situação sustentável e, depois, um momento de espera, dado por uma expressão exponencial, a equação de transformação de Lorentz [que, criada pelo físico holandês Hendrik Lorentz, 1853-1928, descreve as diferenças dos valores de tempo, distância e ordem de eventos observados por duas pessoas que se movem com velocidades diferentes]. Para voltar à situação anterior à bifurcação, temos de trabalhar arduamente. As abelhas silvestres, que funcionam como polinizadoras de culturas agrícolas, estão desaparecendo por causa de doenças, da destruição de seus habitats ou do

“
Minha mãe
era enfermeira
e tinha
como objetivo
de vida dar
educação
para mim
e meus
três irmãos

aquecimento global. Esse é um problema extremamente sério, porque, se as abelhas desaparecerem, a humanidade terá, teoricamente, apenas mais quatro anos para viver. Existe uma interação mutualística, em que o polinizador se beneficia das plantas e as plantas do polinizador, e uma discriminação, porque cada polinizador não poliniza todas as plantas e uma planta não dá comida para todos os polinizadores. Então, se perde um dos polinizadores, pode-se perder também as plantas associadas a ele e vice-versa. Podemos demonstrar essa situação em dados, o estado de sobrevivência no habitat, o *tipping point* , a extinção ou a recuperação mutualística.

Quais são agora suas prioridades de pesquisa?

As redes ecológicas. Estou vendo as interações entre habitats, os efeitos de migrações e os pontos de inflexão, de grandes mudanças. Por exemplo, se algumas espécies estão desaparecendo de um lugar e migrando para outro, a migração

talvez crie relações mutualísticas com as plantas do novo lugar, permitindo a recuperação da vegetação. Estou também trabalhando com a interface entre o computador e outros dispositivos, para detectar, por exemplo, os estágios do sono ou do cansaço quando se dirige. Com um grupo do Arizona, estamos usando o que se chama computação de reservatório. É uma rede de neurônios, que pode aprender ou evoluir, à medida que a alimentamos com dados. Como podem aparecer erros, tenho de provar que o comportamento da rede é verdadeiro, para que possamos fazer previsões.

Você ainda vai para Curitiba?

Bastante. Fui rapidamente duas vezes em 2022, quando dois primos faleceram devido à pandemia. Tenho irmãos lá. Minha mãe morreu em 2012, meu pai em 1997. Quando era criança, a gente morava em uma casa de madeira longe de Curitiba, perto de uma estradinha de barro. Quando fiz 7 anos, me lembro como se fosse hoje, meu pai me disse: “Agora você já pode trabalhar”. Ele trabalhava à noite na padaria. Eu e meus irmãos nos levantávamos às 5h13, tomávamos um café com açúcar que ele preparava e saíamos às 5h30 para ajudar a distribuir o pão na região sul de Curitiba. Às 7h30 ele nos colocava no ônibus para irmos à escola. Quando completei 14 anos, terminei o ginásio e ele me disse: “Agora não precisa estudar mais”. Mas minha mãe nos apoiava, porque o pai dela, Jarek Chruściel, havia crescido em uma mansão em um vilarejo na Polônia e teve educação formal. Ele era primo de Antoni (Chruściel), o comandante do levante polonês contra os alemães em 1944. Os russos prometeram apoiar os poloneses, mas ficaram estacionados do outro lado do rio Vístula, resultando no massacre de mais de 30 mil poloneses envolvidos no levante e na total destruição de Varsóvia. Foi Jarek que veio para uma colônia de poloneses no Rio Grande do Sul. Minha mãe trabalhava duro, plantava, cuidava dos porcos e das vacas, mandava o leite para vender, fazia nossas roupas, tudo. Ela era enfermeira de cirurgias na Santa Casa de Curitiba antes de se casar, admirava os médicos e tinha como objetivo de vida dar educação para mim e meus três irmãos. Por causa dela é que fiz o científico, um curso técnico, nunca estudei biologia e cheguei até aqui. ■



ACESSO À UNIVERSIDADE PELA TRILHA OLÍMPICA

Aumenta o número de instituições que oferecem vagas na graduação a campeões de olimpíadas científicas, um modelo em desenvolvimento

Sarah Schmidt





3

Os medalhistas Novaes (à esq.), Leonardo (ao lado) e Bonet (abaixo): ingresso na Unicamp e na Unesp sem precisar fazer o vestibular

Presidente Prudente, graças a uma medalha de bronze conquistada na Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR). “No último ano do ensino médio eu estava muito atarefada, fazendo iniciação científica e curso técnico”, lembra. “Depois que um professor me falou das vagas olímpicas, pesquisei sobre os cursos e universidades que tinham essa modalidade. Decidi então priorizar a preparação e os estudos para as olimpíadas”, conta ela, que participava dessas competições desde o ensino fundamental. Ela chegou a tentar o vestibular regular para ciência da computação, mas não foi aprovada.

O estudante capixaba Nathan Leonardo, de 19 anos, adotou tática semelhante para ingressar na turma de 2023 do curso de engenharia de controle e automação da Unicamp. Com mais de 10 premiações em competições de astronomia, matemática e robótica, ele usou sua medalha de prata da Olimpíada Brasileira de Matemática de Escolas Públicas (Obmep) como credencial para uma vaga reservada a alunos campeões. Durante o processo, diferentemente do que ocorreria no vestibular, ele nem precisou sair de Serra, a cidade onde vivia, já que pôde fazer tudo online, o que, segundo ele, também facilitou sua candidatura. “Coloquei como missão entrar na faculdade evitando cursinhos e apostei nas vagas olímpicas. Por isso, em 2022 me preparei muito para a Obmep, que valia mais pontos para o curso que eu queria fazer”, diz ele.

EM BUSCA DE TALENTOS

As universidades consideram as vagas olímpicas uma alternativa na busca pela diversidade no perfil de seus estudantes, mas ainda procuram caminhos para consolidar a modalidade. “A ideia é atrair talentos que são muito bons em uma área, mas que podem se perder no processo do vestibular”, explica o historiador José Alves Freitas, diretor da Comissão Permanente para os Vestibulares da Unicamp. Apesar do interesse crescente, ele ressalta que o número de matriculados ainda é inferior ao de vagas oferecidas, divididas em duas modalidades – as regulares e as extras. Para 564 vagas abertas nas cinco edições dessa modalidade na Unicamp, 267 medalhistas se matricularam. Quando não são preenchidas, as regulares voltam para o sistema de ampla concorrência do vestibular, enquanto as extras, criadas para essa modalidade, não são usadas. Para Freitas, outras

Estudantes que participam de olimpíadas científicas ganharam um motivo extra para se dedicar a elas: suas medalhas se tornaram uma porta de entrada para universidades públicas sem que precisem prestar vestibular ou Enem. Desde 2019, quando os primeiros alunos medalhistas ingressaram na graduação da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – a primeira no país a utilizar essa via –, as chamadas “vagas olímpicas” têm avançado. Ao menos outras cinco instituições públicas começaram a reservar vagas para medalhistas: as universidades de São Paulo (USP) e Estadual Paulista (Unesp), e as federais de Itajubá (Unifei), do ABC Paulista (UFABC) e de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Em consequência, já há quem aposte na medalha como estratégia de acesso ao ensino superior. Foi o caso da paulista Yasmin Bonet, de 18 anos, que no início de 2023 entrou no curso de ciência da computação da Unesp, *campus* de

questões estão envolvidas no número restrito de matriculados. “Muitos alunos buscam vagas de cursos específicos. Na Unicamp, o campeão entre os olímpicos é a ciência da computação”, diz. Para o ingresso em 2023, a Unicamp ofereceu cinco vagas nesse curso – a quantidade de vagas abertas varia de acordo com o curso e a instituição.

Efeito similar é observado na Unesp e na USP, universidades nas quais as vagas olímpicas são oferecidas de maneira adicional às regulares. Na Unesp, 863 vagas foram abertas desde 2020 e apenas 137 alunos as aproveitaram. Na USP, de 113 vagas abertas em 2019 para ingresso em 2020, só 30 estudantes se matricularam. “Ainda estamos analisando a situação, mas uma das hipóteses é que nem sempre há vaga olímpica para o curso que o medalhista quer. Ele pode se inscrever no processo, mas também busca outros caminhos, como o próprio vestibular”, avalia o pedagogo Marcos Garcia Neira, pró-reitor adjunto de Graduação da USP. A universidade pausou a modalidade durante a pandemia, mas pretende retomá-la para o ingresso em 2024

De acordo com Neira, a USP deve ampliar a gama de cursos e de competições aceitas para além das ciências exatas e biológicas e, por isso, vai elevar o número de vagas para 200. A Olimpíada Brasileira de Linguística (OBL) e a Olimpíada Nacional de História do Brasil (ONHB), por exemplo, devem ser incorporadas no próximo ano – esta última já é aceita na Unicamp, na Unesp e na UFMS. A Unesp também planeja ampliar a oferta de vagas. “Prendemos discutir a possibilidade de revisão do limite de 10% de vagas adicionais que podem ser oferecidas”, informou a fonoaudióloga Celia Giacheti, pró-reitora de Graduação da universidade.

Para o físico Antônio Carlos Hernandez, que foi pró-reitor de Graduação da USP, esse movimento é necessário. “Quanto mais oportunidades de acesso ao ensino superior público forem oferecidas aos estudantes de ensino médio que se destacam em competições de conhecimento, melhor será para o ambiente acadêmico das universidades. Ampliar a diversidade é a certeza de uma melhor formação acadêmica aos alunos”, disse, por e-mail. Freitas, da Unicamp, ressalta que muitos estudantes já usavam as medalhas em processos de seleção de universidades no exterior por serem valorizadas em países como os Estados Unidos. “Para atrair esses alunos, só oferecer a vaga ainda é pouco. Algo que poderia torná-las mais atrativas seria oferecer bolsas, inclusive pelas agências de fomento”, observa Freitas. A diretora do Departamento de Popularização da Ciência, Tecnologia e Educação Científica do Ministério da Ciência, Tecnologia

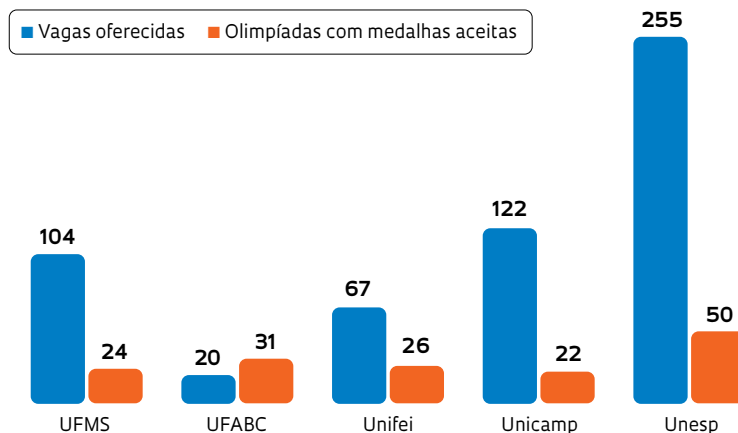


e Inovação (MCTI), Juana Nunes, concorda. “Os que ganham medalhas precisam ter como horizonte as universidades públicas brasileiras. Para isso, precisam de mais incentivos, como bolsas e subsídios”, avalia.

De acordo com o relatório “Open doors 2022”, do Instituto de Educação Internacional, dos Estados Unidos, 14.897 estudantes de graduação brasileiros estavam em instituições de ensino superior norte-americanas nos anos letivos de 2021 e 2022, colocando o Brasil na oitava posição no ranking de países que mais enviam alunos. “Vejo as vagas olímpicas como uma tentativa de as universidades brasileiras evitarem que os alunos de alto rendimento saiam do país. Ao aceitar medalhas nacionais e internacionais, as instituições tentam se antecipar a essa partida”, avalia o físico João Canalle, da Universidade do

ONDE ESTÃO AS OPORTUNIDADES

Vagas olímpicas oferecidas no vestibular de 2023*



* A USP pausou a modalidade durante a pandemia, mas pretende retomá-la no próximo vestibular, para ingresso em 2024.

FONTES UNIVERSIDADES



Estudantes nas olimpíadas de História do Brasil, de Matemática das Escolas Públicas (à dir.) e de Biologia (abaixo): atração de talentos



Estado do Rio de Janeiro (Uerj), coordenador da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Aeronáutica (OBA), uma das maiores do país, que em 2023 teve 1,38 milhão de participantes.

Deixar o Brasil foi a decisão de uma das medalhistas de ouro da OBA Katarine Emanuela Klitzke, de Timbó, Santa Catarina. Em 2018, então no último ano do ensino médio, ela precisou escolher entre estudar para o vestibular e se preparar para disputar a final da Olimpíada Latino-americana de Astronomia e Astronáutica (Olaa), que seria realizada no Paraguai. “Decidi apostar na olimpíada porque sabia que essa medalha contaria bastante para universidades fora do país”, conta. Conquistou o ouro na Olaa, chegou a se inscrever no primeiro edital de vagas olímpicas da Unicamp e foi selecionada. Mas, como foi aprovada também em três universidades norte-americanas, optou pelo Georgia Institute of Technology, na cidade de

Atlanta. “Como a iniciativa brasileira ainda estava no começo e ninguém sabia muito bem como iria funcionar, preferi ir para fora. Os laboratórios de alta tecnologia foram um grande atrativo”, lembra. No final de 2022, graduou-se em engenharia da computação com ênfase em astrofísica e inteligência artificial. Hoje trabalha como engenheira de hardware da Microsoft, nos Estados Unidos.

Medalhista de ouro também na Obmep, a estatística paulista recém-formada pela Unicamp Natainá Novaes, de 22 anos, fez parte da primeira turma olímpica que ingressou na universidade, há pouco mais de quatro anos. Ela faz um alerta aos estudantes interessados em concorrer a uma vaga na modalidade: é preciso ficar de olho nas regras dos editais de cada universidade. Como não há provas seletivas, cada uma estabelece uma pontuação de acordo com o tipo de curso, da olimpíada aceita e da premiação conquistada pelo estudante. Os alunos precisam se inscrever e anexar os certificados e documentos exigidos, e um comitê faz a avaliação. Dependendo do curso, alguns tipos de competição podem valer mais.

“Cada medalha tem um peso diferente, em alguns lugares as olimpíadas internacionais pontuam mais. Em critérios de desempate, o histórico escolar conta bastante”, observa. A estatística começou a participar de competições científicas no 9º ano do ensino fundamental. Depois foi cursar o ensino médio com técnico em informática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFSP), campus de São João da Boa Vista, e ganhou mais três medalhas. Em 2018, quando se preparava para o vestibular, descobriu as vagas olímpicas da Unicamp. “Decidi me concentrar na preparação para a Obmep. A meta era pegar o ouro para entrar na universidade estudando o que eu gosto, o que deixou esse processo mais leve”, lembra. Hoje trabalha como engenheira júnior na Serasa, unidade de São Carlos, e planeja uma pós-graduação em ciência da computação ou inteligência artificial.



O prazo de validade da medalha varia de acordo com a instituição: há as que aceitam premiações de até dois anos anteriores, enquanto outras admitem premiações mais antigas. O estudante Jonas Me- nino, de 18 anos, de Barra Bonita, interior paulista, ingressou em 2023 no curso de física médica no *campus* de Botucatu da Unesp graças a uma meda- lha de ouro da OBA conquistada quando ele ainda estava no ensino fundamental, em 2019. Essa foi a última premiação que ele alcançou antes de ser diagnosticado com ansiedade e depressão. “Eu sempre gostei muito de estudar, tinha um bom desempenho e já havia ganhado ouro e bronze em competições de matemática. Em 2020, logo quando comecei o ensino médio, veio a pandemia e tudo mudou”, recorda-se. “As aulas passaram a ser re- motas. Assim como outros colegas de sala, eu não conseguia mais ter foco e ir bem nas disciplinas. Passei a fazer tratamento psicológico.”

Ele chegou a participar de edições remotas de competições científicas, mas não conquistou ne- nhuma premiação. Também prestou vestibular para algumas universidades e não passou. “Até que uma tia me avisou das vagas olímpicas da Unesp. Descobri que minha medalha do ensino fundamental ainda poderia ser usada e me can- didatei ao curso de física médica. Foi uma mu- dança radical: desde que entrei na universidade, um sonho meu, estou bem, voltei a ser focado.”

Na avaliação da pesquisadora do Ins- tituto Butantan, Sonia Chudzinski, coordenadora da Olimpíada Brasi- leira de Biologia (OBB), a crescente adesão das universidades às vagas olímpicas representa um passo im- portante. “O estudante é agracia- do pelo bom desempenho em uma área que ele realmente gosta. Nem os gênios são bons em tudo”, observa. Ela res- salta que a edição de 2023 da OBB contou com 150 mil inscritos – um crescimento de 50% em relação ao número do ano anterior – e credita parte desse avanço ao cenário pós-pandemia e às vagas olímpicas. “Percebemos que há um público novo interessado na possibilidade de entrar na graduação por meio das premiações.” A OBB é aceita para ingresso na Unicamp, Unesp, USP, Unifei e UFMS.

O matemático Claudio Landim, coordena- dor da Obmep e diretor-adjunto do Instituto de Matemática Pura e Aplicada (Impa), no Rio de Janeiro, elogia a estratégia das instituições de ensino superior. “Uma universidade não deveria selecionar os alunos apenas pelo que são, ou seja, por aquilo que conseguem mostrar em uma pro- va, mas pelo que podem vir a ser.” Para ele, mui- tas olimpíadas têm esse papel de apontar quem pode brilhar, caso receba estímulo. “A resolução



dos problemas da prova da Obmep não requer conhecimento em matemática, mas capacidade de raciocínio, imaginação e criatividade. Assim, conseguimos detectar aqueles que têm talento para a matemática.” Criada em 2005, neste ano a Obmep teve 18 milhões de participantes na primeira fase e é considerada a maior olimpí- ada do país. Ela já nasceu como uma política do MCTI e do Ministério da Educação (MEC), por meio do Impa, e conta com orçamento anual ga- rantido – a última edição custou cerca de R\$ 40 milhões. É possível que em 2024 os medalhistas da Obmep tenham mais um lugar para ingressar com suas premiações. O Impa está desenvolvendo uma nova graduação de matemática aplicada à tecnologia e inovação cujo processo seletivo das 100 vagas levará em conta o desempenho dos destaques na olimpíada.

O físico Euclides Marega Júnior, do Instituto de Física de São Carlos (IFSC) da USP, observa que essas competições têm ganhado importân- cia para o calendário das escolas ao longo dos últimos 20 anos. “Isso tem ocorrido porque elas propõem uma atividade extracurricular que atinge uma quantidade cada vez maior de es- tudantes que desde o ensino médio se sentem motivados a adquirirem conhecimento para es- sas atividades”, afirmou, por e-mail. Em 1995, ele criou uma competição de física para es- tudantes do ensino médio que viria a se tornar,

Katarine Klitzke conseguiu uma vaga olímpica da Unicamp, mas acabou indo para o Georgia Institute of Technology, nos Estados Unidos, onde se formou

AS FONTES DE FINANCIAMENTO DAS COMPETIÇÕES

Organizadores afirmam que as olimpíadas se multiplicaram, mas os recursos para promovê-las, não

Segundo os coordenadores das olimpíadas científicas ouvidos nesta reportagem – com exceção da Obmep, que já tem seus recursos anuais garantidos –, diversas fontes de financiamento se combinam para viabilizar as competições. São verbas de institutos e universidades a que estão vinculadas e parcerias privadas. Uma parcela importante é proveniente das chamadas públicas financiadas pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e abertas anualmente pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que ocorrem desde 2002.

Em um estudo publicado no *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* em abril de 2022, pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) analisaram os editais do período de 2005 a 2015. Eles contabilizaram 11 chamadas, nas quais 229 projetos foram submetidos.

Ao todo, 96 foram aprovados para realizar 21 olimpíadas, com predominância de áreas das ciências exatas e da Terra – o aporte foi de cerca de R\$ 25 milhões, uma média de R\$ 2,2 milhões por ano, mas os valores variaram de R\$ 800 mil a R\$ 4 milhões. Nessa variação pesaram as fontes de recursos, que se revezaram e por vezes se acumularam: MCTI, CNPq, MEC – por meio do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) – e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). “Há um crescimento na relevância dessas olimpíadas, e o orçamento, por outro lado, se mantém praticamente o mesmo de uma década atrás”, diz o físico Willian Vieira de Abreu, da UFRJ, primeiro autor do estudo.

Em 2021, a chamada do CNPq ofereceu R\$ 4 milhões. Na última, de 2022, foram cerca de R\$ 8,8 milhões e 31 competições foram contempladas. O aumento ocorreu por

conta de um aporte do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) de cerca de R\$ 5,8 milhões, de acordo com a gestora da chamada das olimpíadas científicas no CNPq, Ana Cláudia Mota. “Pela primeira vez, abrimos três linhas de projetos: além das olimpíadas internacionais e nacionais, houve uma terceira para a categoria das regionais”, explica Mota. Competições que buscam ampliar a diversidade de participantes foram contempladas, como a II Olimpíada Nacional de Povos Tradicionais, Quilombolas e Indígenas, organizada pela Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat). Segundo a diretora de Popularização da Ciência e Educação Científica do MCTI, Juana Nunes, para 2023 serão aportados R\$ 13 milhões para a Chamada de Olimpíadas, sendo R\$ 8 milhões do orçamento do MCTI e R\$ 5 milhões do orçamento do CNPq.

em 1999, a Olimpíada Brasileira de Física e por muitos anos preparou equipes de alunos para competições internacionais.

Segundo o MCTI, o país conta atualmente com 104 competições do conhecimento, nas mais diversas áreas das ciências sociais, biológicas e humanas. “Há alguns anos tínhamos cerca de 20 olimpíadas. Hoje vemos uma profusão delas, algumas que aparecem e somem em poucos anos. É preciso ter um projeto educacional de longo prazo”, diz Cristina Menequello, da Unicamp, coordenadora da ONHB, que, neste ano, em sua 15ª edição, teve 30.524 equipes inscritas – cada uma tem até três alunos e um professor. “Ao mesmo tempo que as vagas olímpicas são mais um reconhecimento do papel das olimpíadas na promoção da ciência, criam uma responsabilidade maior sobre elas”, observa a historiadora, que integra um grupo de trabalho do MCTI, elaborado no começo de junho, para avaliar e discutir as olimpíadas científicas, entre outras atividades de popularização da ciência.

“Algumas perguntas que estamos fazendo nesse grupo de trabalho são: precisamos mesmo de mais de cem olimpíadas? Ou precisamos qualificar melhor as propostas identificando iniciativas semelhantes, dando oportunidades para

fomentar novas ações em diversas áreas do conhecimento?”, questiona Juana Nunes, do MCTI. Segundo ela, o objetivo do grupo, que conta com 15 especialistas na área, é construir uma proposta para um programa nacional de popularização da ciência. “A ideia é discutir caminhos para que as vagas olímpicas possam, no futuro, deixar de ser iniciativas isoladas e, quem sabe, serem expandidas para todas as universidades federais.”

Para o coordenador da Olimpíada Brasileira de Linguística (OBL), Bruno L’Astorina, o crescimento no número de competições é um processo esperado, já que mais professores e pesquisadores passaram a se interessar por essas atividades. “É natural que apareçam competições sobre os mais diversos temas”, afirma. Isso gera uma questão para as escolas, que são desafiadas a preparar alunos para múltiplas competições. “Um aluno não consegue participar de tantas olimpíadas”, diz. Ele conta que tem conversado com coordenadores de outras olimpíadas sobre caminhos para fazer uma integração de iniciativas. “É um desafio e ainda não sabemos como fazer isso sem perder a cultura de cada uma delas”, diz. Na edição de 2022, a OBL registrou cerca de 10 mil participantes. ■

Artigo científico

ABREU, W. V. et al. Olimpíadas científicas: Análise dos projetos apoiados por editais do CNPq (2005-2015). *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 39, n. 1, p. 59-82. abr. 2022.

GÊNERO



RETRATOS DE COMPORTAMENTO ABUSIVO

Cresce o número de trabalhos acadêmicos sobre a incidência e os efeitos de assédio moral e sexual em universidades do país

Fabrcio Marques | ILUSTRAÇÕES Lívia Serri Francoio



Afísica Marcia Barbosa, pesquisadora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e uma estudiosa da discriminação de mulheres na ciência, conta que ficou surpresa com o impacto de uma campanha sobre assédio moral e sexual organizada em sua instituição em 2016 pelo grupo Meninas na Ciência, coordenado pelas docentes Carolina Brito e Daniela Pavani. A dupla coletou via Facebook frases abusivas ou preconceituosas que as estudantes ouviram de professores. Reproduziram várias dessas afirmações em cartazes, sob a epígrafe “Esse é o meu professor”, com os quais desfilaram pelo *campus* para denunciar sexismo e misoginia na sala de aula. “Tá achando difícil? Então vai fazer ballet”, proclamava um dos pôsteres. “Vem com essa roupa de novo que te dou um bônus”, dizia outro. “Preciso de dois mestrandos, um cara inteligente e uma guria bonitinha pra carregar meus livros e me servir cafezinho”, zombava um cartaz.

“Eu achava que essas frases cretinas só fossem comuns nas ciências exatas, nas quais, em geral,

há muitos homens e poucas mulheres, mas vi que em outras áreas, inclusive nas ciências humanas e sociais, elas também eram frequentes. Fiquei com a sensação de que o assédio é muito mais disseminado do que imaginava e também mal documentado na literatura”, diz Barbosa. A pesquisadora teve então a ideia de mapear a incidência e a percepção de funcionários, docentes e alunos da UFRGS em relação a atitudes que caracterizam assédio sexual e moral, assim como o perfil de vítimas e perpetradores.

Os resultados foram publicados em 2022 em um artigo na revista *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, também assinado pela física Carolina Brito e por outros colegas da UFRGS. O grupo adaptou para cada um dos três grupos – professores, servidores e estudantes – um questionário adotado em um estudo pioneiro sobre assédio realizado na Universidade Harvard, nos Estados Unidos, em 1983. Responderam à pesquisa, que foi aplicada on-line, 739 professores, 521 funcionários e 4.791 estudantes. O assédio moral, que compreende comportamentos violentos, xingamentos e humilhações que degradam o ambiente

acadêmico, mostrou-se bastante difundido, atingindo cerca de 40% dos professores e alunos e mais da metade do corpo técnico-administrativo. “É um percentual assustador. Muita gente só foi se dar conta de que foi vítima desse tipo de abuso ao refletir sobre o assunto na hora de responder à pergunta”, constata Barbosa. “O assédio moral é um instrumento para manter o poder. A lógica de assediadores na universidade é humilhar para ver se as vítimas desistem e saem do caminho deles.” A distribuição dos casos foi homogênea nos subgrupos de estudantes, mas não em docentes e servidores – neles, o assédio moral foi mais frequente entre bissexuais, pessoas trans e não binárias, além de mulheres e de negros.

Já a ocorrência de assédio sexual, que se caracteriza por condutas abusivas, verbais ou físicas, para obter favores sexuais ou para humilhar indivíduos por características de gênero, foi relatada por 12% dos entrevistados em todas as categorias. Mas ocorreu com mais frequência entre as mulheres (cerca de 15% das participantes do sexo feminino relataram ter sofrido assédio sexual, ante 5% do grupo masculino) e foi duas vezes mais prevalente em bissexuais do que em heterossexuais e homossexuais. Um dado curioso está relacionado à percepção de assédio. Mais mulheres do que homens classificaram como assédio comentários de natureza sexual, convites e telefonemas indesejados ou piadas sexistas. Uma porcentagem maior de homens considerou o toque indesejado em uma outra pessoa como assédio moral, muito embora toques quase sempre tenham cunho sexual.

De acordo com a pesquisa, o assédio sexual é cometido principalmente por homens, que podem ser professores, funcionários ou estudantes, enquanto o moral também é praticado por mulheres, ainda que em proporção inferior à dos homens. Só 6,5% dos professores, 7,5% dos estudantes e 11,3% dos servidores vitimados por assédio sexual fizeram denúncias formais, em um sinal de que essa prática é pouco combatida. “Foi surpreendente ver o descrédito dos canais de denúncia e isso levou a UFRGS a criar estruturas mais robustas para receber queixas.” Barbosa conta que os resultados da pesquisa ajudaram a convencer organizações das quais ela participa, como a Academia Brasileira de Ciências (ABC) e a Sociedade Brasileira de Física (SBF), a adotarem códigos que identifiquem e punam o assédio entre seus membros.

O mapeamento feito na UFRGS se soma a vários outros trabalhos que, nos últimos tempos, trouxeram para o escrutínio da comunidade acadêmica o problema do assédio sexual e moral em universidades e instituições de pesquisa. Um dos dados do estudo “O perfil do cientista brasileiro

em início e meio de carreira”, divulgado neste ano pela ABC, aponta panorama semelhante. Por volta de 47% das mulheres e 12% dos homens entrevistados relataram ter sofrido assédio sexual durante a carreira. Em relação ao assédio moral, 67% das mulheres e 49% dos homens informaram ter sido atingidos. Mais de 4 mil pesquisadores responderam ao levantamento.

Alguns estudos se debruçaram sobre os efeitos do assédio em públicos que conquistaram mais espaço no ambiente universitário mais recentemente, como as mulheres, ou aqueles beneficiados por ações afirmativas, como negros, pardos e egressos de escolas públicas. Pesquisadores da Universidade de Brasília (UnB) analisaram relatos de 16 alunas da instituição que, antes de ingressar na graduação, haviam integrado um projeto de extensão, o Meninas Velozes, aplicado em uma escola pública da periferia do Distrito Federal e voltado para estimular o gosto pelas ciências exatas entre garotas. O assédio moral foi apontado como um dos primeiros obstáculos enfrentados na adaptação das alunas à vida universitária. “Houve um professor que, numa aula de introdução à engenharia, falou que não gostava de trabalhar com mulher porque não era tão produtivo quanto com um homem. Eu achei muito estranho, foi bem chato”, relatou uma das participantes da pesquisa, identificada como Catarina, um nome fictício, estudante oriunda do Distrito Federal. “Esse constrangimento pode ser destruidor para uma estudante, especialmente caloura em aula de introdução à sua formação. Se denunciá-lo, teme ser alvo de humilhações, inseguranças e confirmações do ambiente que reproduz o machismo institucionalizado”, escreveram os autores do artigo, coordenado pela socióloga Tania Mara Campos de Almeida.

Em um reflexo da relevância que a questão do assédio ganhou em corporações e entre profissionais de recursos humanos, vários trabalhos sobre o problema foram feitos por pesquisadores da área de administração de empresas. Em um estudo publicado na *Revista de Estudos Organizacionais e Sociedade*, Juliana Teixeira, da Universidade Federal do Espírito Santo, e Adriana Rampazo, da Universidade Estadual de Londrina, no Paraná, analisaram relatos de pesquisadoras da área de administração e concluíram que o assédio sexual está disseminado e é tratado com naturalidade no ambiente acadêmico da disciplina. “Embora os avanços nas discussões de gênero [no espaço acadêmico] devam ser reconhecidos, falar de assédio sexual é, ainda, falar de um assunto naturalizado e negado nesse espaço, mesmo que vivenciado”, escreveram as autoras. O prólogo do artigo apresenta o relato de uma pesquisadora de 30 anos, cuja identidade não é revelada, sobre o assédio sexual que sofreu de um colega



pesquisador que acabara de conhecer em uma festa do Encontro Anual da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Administração, realizado em uma cidade do Nordeste na década passada. Depois de chamá-la de “morena linda” (a pesquisadora é negra), o assediador perguntou qual era o signo dela e, depois de ouvir a resposta, disparou: “Posso falar? Quer sexo todo dia. Sobe nas paredes”.

Bianca Spode Beltrame, que atualmente faz doutorado em administração na UFRGS, produziu um levantamento em 2018 que se tornou referência para estudos sobre assédio em universidades. Em um trabalho de conclusão de um curso de especialização em administração pública, ela enviou questionários para dezenas de instituições federais de ensino superior e traçou um panorama do combate e da prevenção institucional do assédio em 71 delas. O trabalho demonstrou que 52,3% não possuíam nenhuma política de prevenção ao assédio e 70% delas não adotavam medidas para combater o problema.

Embora esses dados sejam bastante usados para evidenciar as dificuldades de enfrentar o assédio no ambiente acadêmico, Beltrame afirma que eles ficaram defasados e várias instituições já deixaram de ser refratárias. “A questão do assédio tornou-se muito discutida nos últimos tempos e sei de inúmeras instituições que adotaram protocolos, políticas e normativas contra o assédio no âmbito universitário depois que o estudo foi feito”, diz a pesquisadora, que incluiu no

rol dessas instituições a própria UFRGS e também a Universidade Federal de Santa Maria, onde ela trabalha como servidora. Ainda assim, observa que “a competitividade no ambiente universitário e a lógica da produtividade, em detrimento do processo educativo e de desenvolvimento acadêmico e profissional, alimentam e sustentam práticas de assédio moral entre colegas, com alunos ou em relações hierárquicas”.

Diversas universidades brasileiras acordaram para o problema e instituíram políticas e programas para lidar com casos de assédio nos últimos anos. Em 2019, o Conselho Universitário da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) criou a Comissão Gênero e Sexualidade, que administra o Serviço de Atenção à Violência Sexual (Savs), responsável por acionar setores especializados e, de acordo com as especificidades de cada caso, oferecer orientação e acolhimento às vítimas, assim como encaminhar denúncias para averiguação. A Universidade de São Paulo (USP) conta com o Escritório USP Mulheres, que trabalha na elaboração e implementação de iniciativas de promoção da igualdade de gênero em seus sete *campi*. Em 2020, o escritório lançou, em parceria com a Superintendência de Assistência Social, um protocolo de atendimento para casos de violência e assédio sexual na universidade, com orientações sobre acolhimento, encaminhamento e acompanhamento das vítimas por meio de serviços de saúde e psicossociais (ver Pesquisa FAPESP nº 212).

A Universidade Estadual Paulista (Unesp) lançou há dois anos um guia para prevenir o assédio no ambiente acadêmico e reforçou as ouvidorias em todos os seus *campi*, espalhados por 24 cida-

des, para lidar com denúncias. A mobilização da universidade foi deflagrada após um episódio infame ocorrido em 2010 em um evento esportivo de integração de estudantes de graduação no *campus* de Araraquara: o Rodeio das Gordas. Alunos do *campus* de Assis criaram uma competição brutal, convocada pela rede social Orkut, em que submetiam alunas apontadas como obesas a situações de humilhação e violência – os homens agarravam as colegas como se elas fossem um animal de montaria e disputavam prêmios a depender do tempo que conseguissem permanecer em cima delas. Na época, os alunos envolvidos foram suspensos. Um dos organizadores foi condenado a pagar indenização de 30 salários mínimos por danos morais. O caso foi uma das denúncias avaliadas por uma Comissão Parlamentar de Inquérito na Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, criada em 2014 para investigar violações dos direitos humanos em trotes e festas nas universidades paulistas.

“O período compreendido entre 2013 e 2019 foi marcado pelo crescimento no número de acusações e denúncias de violência registrado na Ouvidoria da Unesp e, concomitantemente ao recrudescimento das agressões, houve intensa atuação dos movimentos estudantis de resistência a essas práticas na universidade”, relatou a socióloga Beatriz Jorge Barreto, em um dos seis artigos publicados no ano passado no dossiê Violência de Gênero na Universidade, organizado pelo Laboratório Interdisciplinar de Estudos de Gênero da instituição (Lieg-Unesp), no *campus* de Marília.

O dossiê do Lieg/Unesp também trouxe um artigo de conteúdo autobiográfico, em que a advogada Natalia Silveira de Carvalho, que atualmente é doutoranda no Programa de Pós-graduação em Direito da Universidade Federal da Bahia, expõe a importância de coletivos de alunas dentro da universidade para desenvolver políticas de prevenção e enfrentamento à violência de gênero. Ela narra experiências na graduação, cursada na Unesp de Franca na década de 2000. “Lembre-me bem de uma atividade específica da semana de recepção [de calouros] sobre a série de estu-

pros contra universitárias da Unesp de 2000 a 2004”, escreveu. Segundo ela, a atividade foi um exercício de solidariedade com as vítimas dos estupros, “tendo em vista que o sigilo de suas identidades foi mantido e as narrativas de violência não foram relativizadas nem distorcidas, o que era relevante considerando que vivíamos em um contexto de culpabilização das vítimas”.

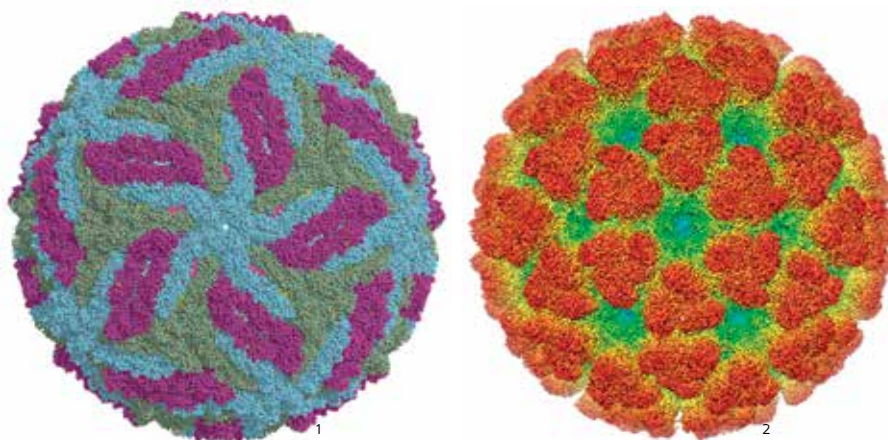
Já a pedagoga Carolina dos Santos Bezerra-Perez, do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Juiz de Fora, apresentou um dramático estudo de caso de uma estudante negra em uma universidade brasileira, que era constantemente assediada e chegou a ser agredida sexualmente por um “veterano”, mas enfrentou uma série de constrangimentos quando denunciou o caso à universidade em que estudava e à polícia – o assediador nunca foi punido.

Para a historiadora Lidia Possas, coordenadora do Lieg/Unesp e professora da Faculdade de Filosofia e Ciências (FFC) de Marília, estudos desse tipo são importantes para trazer o problema do assédio à luz do dia, mas ela afirma que debatê-los e divulgá-los gera focos de tensão no ambiente acadêmico. “O espaço dentro da universidade parece democrático, mas há disputas internas que podem ser bastante hostis”, diz. “Denúncias de assédio são frequentemente mal recebidas por pesquisadores homens, que se formaram em um ambiente em que isso era tolerado e escamoteado. A discussão é sobre comportamentos ligados a abuso de poder, mas muitos acusados reagem como se sua produção intelectual estivesse em julgamento”, explica Possas, que também atua como ouvidora do *campus* da Unesp em Marília.

Pesquisadoras do Lieg estão engajadas em novos levantamentos sobre o assédio, como as pesquisas de iniciação científica da graduanda em antropologia Bruna Silva Oliveira, na FFC-Unesp, em Marília, que compara as diretrizes para lidar com assédio adotado nas universidades estaduais paulistas com as de instituições de países da América Latina, como Chile, México e Peru. “No Peru, há uma lei que pune as universidades por falta de protocolos ou falhas na investigação de denúncias de assédio desde 2014”, afirma Oliveira. Um dos referenciais do trabalho é um estudo da psicóloga mexicana Flor de María Gamboa Solís sobre protocolos adotados na Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, no México. Uma das conclusões de sua análise foi que protocolos desse tipo dependem de mudanças profundas na cultura da universidade para funcionar e que, se isso não acontecer, em vez de proteger as pessoas, eles podem servir de parâmetro para serem burlados pelos agressores. ■

A discussão é sobre comportamentos ligados a abuso de poder, mas muitos acusados reagem como se sua produção intelectual estivesse em julgamento, diz Lidia Possas

ENTRAVES PARA GERAR INOVAÇÕES



Conhecimento sobre zika e chikungunya resultou em vários registros de patentes, mas em raros produtos ao alcance da população

Fabício Marques

Um estudo publicado no *Cadernos de Saúde Pública* da Fundação Oswaldo Cruz mostrou até que ponto o conhecimento científico gerado sobre as epidemias dos vírus zika e chikungunya, que atingiram o Brasil na década passada, traduziu-se em desenvolvimento de tecnologias para combater essas doenças. Fruto de uma pesquisa da biotecnologista Maria da Conceição Rodrigues Fernandes quando fez um mestrado profissional em propriedade intelectual na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró, Rio Grande do Norte, o estudo observou que empresas e universidades de vários países, em especial China e Estados Unidos, fizeram depósitos de patentes relacionadas a vacinas, testes de diagnóstico ou medicamentos contra as duas enfermidades. Mas isso resultou na chegada de raros produtos ao mercado e

praticamente não garantiu à população acesso a tecnologias de seu interesse.

O mapeamento foi feito utilizando o software Orbit Intelligence, ferramenta que rastreia patentes em âmbito global, e a base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). O número de patentes relacionadas ao zika no mundo atingiu um pico de 178 registros em 2017. No caso da chikungunya, 264 patentes foram recuperadas ao todo, mas 66 depósitos eram anteriores à epidemia da doença no Brasil.

Para quantificar produtos para a saúde desenvolvidos ou em desenvolvimento, a pesquisadora utilizou a base de dados Integrity, hoje incorporada pela empresa Clarivate Analytics, e o sistema de consultas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Foram encontradas 358 drogas e produtos biológicos para zika, a maioria na fase pré-clínica. Desses, 19 produtos estavam na fase inicial dos estudos clínicos e apenas duas drogas antivirais chegaram ao mercado. Um total de 192 drogas e biológicos para chikungunya foram identificados e o único produto lançado com aplicação foi o molnupiravir, que inibe a replicação do vírus.

Já na Anvisa, havia registros de exames para detectar ambas as doenças. “Desenvolver e patentear um produto não é suficiente. Outras barreiras precisam ser superadas, como a necessidade de elevados investimentos, as dificuldades de realizar ensaios clínicos e a regulamentação pelas agências de controle”, afirmou Fernandes.

A pesquisadora conta que escolheu esse tema de pesquisa em 2020, no auge da emergência sanitária da Covid-19, quando se discutia o impacto econômico e social da pandemia e a dificuldade de dar acesso rápido à população a vacinas e medicamentos. “Achei que a análise do que aconteceu com as epidemias de zika e chikungunya poderia contribuir para entender os entraves para levar conhecimento à sociedade”, diz Fernandes, que hoje é estudante de doutorado em medicina translacional da Universidade Federal do Ceará.

Luiz Carlos Dias, do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que não participou da pesquisa, afirma que o fato de zika e chikungunya serem doenças tropicais que atingem populações pobres também ajuda a compreender por que as dificuldades de se produzir inovações e levá-las à sociedade. “Uma questão central é que essas doenças afetam populações negligenciadas, vítimas da exclusão de avanços da ciência, tecnologia e inovação. O desenvolvimento de um medicamento ou de um imunizante é um processo demorado e caro”, afirma Dias, coordenador de um consórcio internacional de instituições para o desenvolvimento de novos fármacos para doenças parasitárias tropicais, apoiado pela FAPESP.

Segundo Dias, a Covid-19 deixou evidente que a percepção de risco é capaz de atrair investimento. Para ele, é necessário buscar cooperação internacional com quem sabe desenvolver medicamentos e vacinas. “Falta essa tradição no Brasil.” ■

BOAS PRÁTICAS



Veneno que também é antídoto

A inteligência artificial, que impõe desafios inéditos para a integridade científica, oferece igualmente ferramentas para defendê-la

Divulgada em julho, a declaração anual do Comitê de Integridade de Pesquisa do Reino Unido (UKCori) destacou que o avanço da inteligência artificial gerou novos desafios, como o de identificar trabalhos acadêmicos gerados pelo ChatGPT, mas também está criando oportunidades para ampliar a produtividade científica e combater a má conduta. “Ferramentas que utilizam inteligência artificial podem aprimorar os processos de pesquisa”, segundo escreveram os integrantes do comitê no relatório, referindo-se ao uso crescente dessa tecnologia por editores de revistas científicas para agilizar o processo de análise e seleção de artigos ou para detectar indícios sutis de manipulação de imagens ou de truques para tentar enganar programas antiplágio.

A inteligência artificial, diz o documento, pode igualmente ser útil para fornecer dados de interesse de órgãos de promoção da integridade que dificilmente seriam obtidos de outra forma – o próprio relatório do UKCori publica um quadro sobre indicadores de ciência aberta, como a evolução da quantidade de dados e códigos compartilhados por pesquisadores em repositórios públicos, que foram produzidos pela coleção de revistas

PLOS utilizando técnicas de inteligência artificial. O UKCori é um órgão independente criado em 2022 para promover boas práticas científicas no Reino Unido, associado ao UK Research and Innovation (Ukri), principal agência de fomento à ciência do país.

Grandes modelos de linguagem, que em programas como o ChatGPT identificam padrões sobre como os seres humanos conectam palavras, números e símbolos, também podem ser úteis para rastrear sinais de má conduta. No final de maio, a equipe do cientista de dados Dmitry Kobak, da Universidade de Tübingen, na Alemanha, publicou no repositório de *preprints* bioRxiv um atlas de toda a literatura da área biomédica publicada no mundo entre 1970 e 2021. Para gerar o enorme mapa circular, que lembra um pouco a imagem de uma placa de Petri colonizada por bactérias, foi necessário primeiro fazer o download de resumos de 20,6 milhões de artigos utilizando a ferramenta de busca PubMed, que dá acesso à base de dados da literatura biomédica Medline.

O grupo usou um modelo de linguagem de inteligência artificial, o PubMedBert, e agregou artigos com características ou termos semelhantes. Os agrupamentos de *papers* com conteúdo convergente foram batizados de “vizinhanças” – basta dar um *zoom* no atlas para analisar em detalhes esses aglomerados.

O mapa permite analisar tendências de todo tipo presente na literatura, como as relacionadas ao gênero e à origem dos autores de cada agrupamento, mas também mostrou potencial para detectar má conduta de um modo mais eficiente do que o disponível hoje. Os pesquisadores analisaram um conjunto de 11.756 artigos presentes no atlas que sofreram retratação – esse *status* indica *papers* cancelados devido à descoberta de erros, fraudes ou plágio que comprometeram a correção de seu conteúdo. Os resumos foram sinalizados como retratados pelo banco de dados PubMed para que não sejam considerados como literatura válida.

Embora estivessem espalhados por todo o mapa, muitos deles se situavam em uma mesma vizinhança, formando o que os autores denominaram “ilhas”, nas quais foi possível vislumbrar concentrações de artigos retratados em temas específicos, como pesquisas de drogas contra o câncer, genes marcadores e funções de microRNAs. Esses tópicos são frequentemente abordados em trabalhos fraudulentos produzidos por fábricas de *papers*, serviços ilegais que produzem estudos em geral com dados ou imagens forjadas, comercializam a autoria dos trabalhos com pesquisadores interessados e até ajudam a submetê-los para publicação em nome dos clientes.

Ao verificar os demais artigos presentes nas mesmas ilhas, e que não foram retratados, o grupo encontrou 25 trabalhos que também podem

ter sido produzidos por fábricas de *papers*, mas não haviam chamado a atenção. Eles exibiam características comuns a esses artigos fraudulentos, como títulos com padrão idêntico ou a afiliação de autores a hospitais da China. A análise das ilhas pode ajudar editores de revistas e universidades a investigar estudos que podem ter escapado de seu escrutínio. “Mas aglomerados de *papers* semelhantes precisariam de mais triagem para evitar a sinalização incorreta de *papers* genuínos”, disse à revista *Science* Jennifer Byrne, professora de oncologia molecular da Universidade de Sydney, na Austrália, e especialista em integridade científica.

Otra frente promissora aberta pela inteligência artificial é a identificação das chamadas revistas predatórias, periódicos que publicam artigos em troca de dinheiro, sem fazer uma avaliação rigorosa de seu conteúdo. Um grupo de cientistas da computação da Universidade Nacional Yang Ming Chiao Tung, em Taiwan, desenvolveu um sistema de verificação de periódicos, nomeado AJPC, baseado em aprendizado de máquina. Foram coletados dados de 883 periódicos apontados como predatórios em duas listas disponíveis na internet e de outras 1.213 revistas de boa procedência, obtidas em compilação feita pelo Instituto de Saúde de Berlim – essas listas costumam ser utilizadas para orientar autores a escolher revistas idôneas para publicar seus artigos.

A equipe extraiu informações que ajudaram a identificar palavras e termos característicos de sites de revistas predatórias. Constatou, por exemplo, que as páginas dessas publicações tendem a enfatizar demais termos como “revisão por pares” e “indexação”, enquanto periódicos legítimos mencionam com mais moderação conceitos que padronizam os processos de publicação. Depois, testou oito diferentes algoritmos de aprendizado de máquina com potencial para distinguir entre periódicos predatórios e legítimos. Selecionou um deles, o algoritmo de “floresta aleatória”, que teve o melhor desempenho para distinguir uma amostra de 167 sites, com o índice mais elevado de acertos e apenas dois falsos negativos. “Os resultados dos testes de desempenho sugerem que nosso sistema funciona tão bem ou melhor do que aqueles que estão sendo usados atualmente para identificar editores e publicações suspeitas”, escreveram os pesquisadores taiwaneses, no artigo publicado na revista *Scientific Reports* que apresentou o AJPC. Eles ressaltam que as conclusões são apenas indicativas, sendo necessário complementar a análise com o olhar humano. Um próximo passo será treinar o sistema para identificar fraudes em anais de conferências, que têm características distintas dos periódicos predatórios. O recurso já está sendo utilizado em universidades de Taiwan. ■

Fabrcio Marques

Como artigos retratados sobreviveram à revisão por pares

Pesquisadores das universidades de Wisconsin-Madison e de Nova York, nos Estados Unidos, investigaram por que deficiências nos artigos científicos que sofreram retratação – ou seja, que foram cancelados após sua divulgação devido à descoberta de erros ou algum tipo de má conduta – passaram despercebidas pela revisão por pares, processo em que especialistas avaliam a correção e a relevância do conteúdo de um estudo antes que ele seja aceito para publicação. Em artigo publicado no *Journal of Informetrics*, os autores verificaram 260 comentários feitos por revisores de uma amostra de 160 artigos científicos que, posteriormente, seriam retratados por inconsistências, plágio ou fraude. Os *papers* cancelados foram obtidos no site Retraction Watch, enquanto os comentários a respeito deles foram compartilhados pelos próprios revisores, de forma

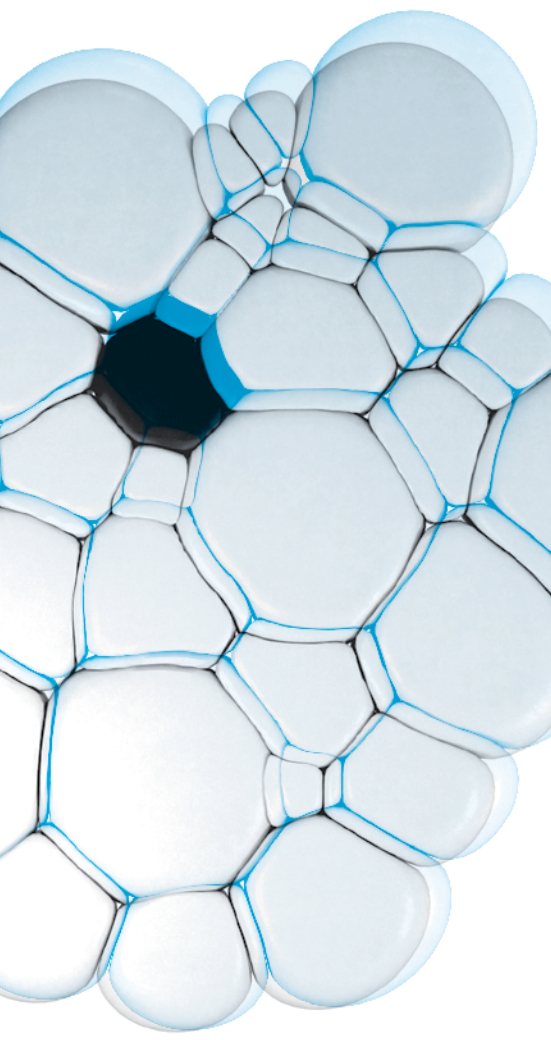
anônima, em um site chamado Publons, hoje pertencente à Clarivate Analytics.

Das 260 revisões associadas aos artigos retratados, 128 recomendaram a aceitação do estudo para publicação ou pediram correções menores no manuscrito, o equivalente a 49,2% do total. Outras 111 (42,7%) pediram alterações significativas e apenas 21 (8,1%) sugeriram que os manuscritos fossem rejeitados – a opinião, de todo modo, não foi levada em conta pelos responsáveis pelos periódicos. O estudo propõe que editores de revistas, ou os encarregados de consolidar os comentários da revisão por pares, prestem mais atenção em sinais de alerta e realizem inspeções adicionais para rastrear possíveis problemas.

Em relação a problemas específicos que levaram à retratação dos artigos, 73,8% das revisões falharam em detectá-los, enquanto 26,2% enxergaram algum

indício deles. De acordo com os resultados, o processo de revisão por pares foi mais eficaz na identificação de causas de retratação relacionadas a dados, métodos e resultados do que aquelas relativas a plágio de texto, atribuição de autoria e problemas com referências.

O estudo também buscou identificar características dos revisores mais afiados, aqueles que conseguiram detectar problemas. Os mais capazes de apontar inconsistências tinham mais tempo de atividade como revisor (média de 6,19 anos) do que os que falharam na tarefa (4,39 anos). Da mesma forma, avaliadores que tinham mais familiaridade com o tema do artigo exibiram habilidade maior de enxergar problemas. Segundo os autores, a escolha de revisores realmente especializados nos tópicos de pesquisa dos manuscritos é crucial para detectar erros ou desvios que podem levar à retratação.



Maus-tratos a animais em centro de pesquisa sobre malária

Os Institutos Nacionais de Saúde (NIH), principal agência de apoio à ciência biomédica dos Estados Unidos, anunciaram o descredenciamento de uma instalação de pesquisa em malária na Colômbia, que está interdita por maltratar animais utilizados em experimentos. O Centro de Pesquisa Científica Caucaseco, administrado na cidade de Cali pelo casal Myriam Arévalo-Herrera e Sócrates Herrera, recebeu desde 2003 um total de US\$ 17,6 milhões (o equivalente a R\$ 87,5 milhões) em dotações dos NIH e agora deixou de ser elegível para receber novos financiamentos.

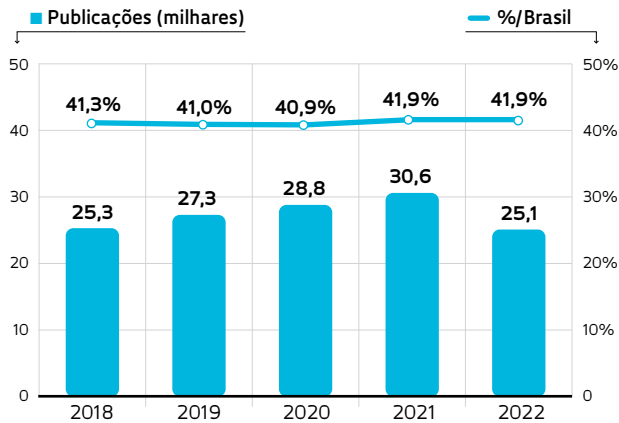
Em janeiro, o governo colombiano suspendeu as atividades com primatas no centro, depois que uma investigação da organização de defesa dos animais Peta (People for the Ethical Treatment of Animals) apontou maus-tratos a macacos utilizados em pesquisa e acusou a instituição de falsificar aprovações éticas para experimentos que podem comprometer a integridade de 24 artigos publicados em revistas como *Nature Communications*, *Redox Biology*, *Vaccine*, *PLOS ONE* e *PLOS Neglected Tropical Diseases*. A entidade também sustenta que o centro pagava salários menores do que os informados aos NIH a seus funcionários e, por falhas no esquema de biossegurança, contaminou um deles com malária.

Em março, o governo interditou as instalações. Na ocasião, foram apreendidos 100 macacos-coruja (*Cercopithecus hamlyni*) encontrados em gaiolas enferrujadas e cheias de fezes, com muita iluminação e pouca ventilação. Um filhote foi encontrado morto e 21 animais registrados no plantel do centro desapareceram. Em abril, as autoridades retiraram do centro 180 ratos de laboratório, os últimos animais que viviam lá.

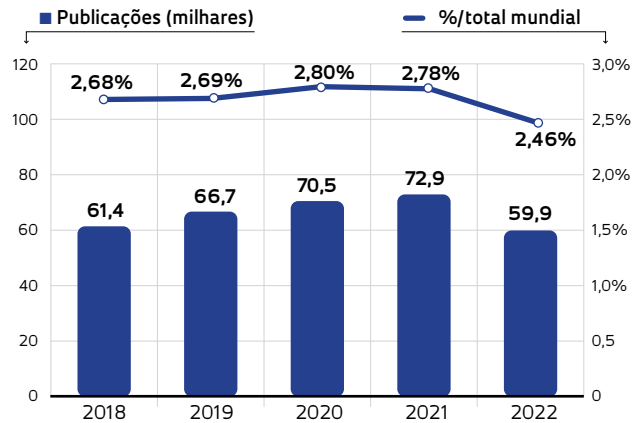
► Os dados sobre a produção científica paulista e brasileira indexada¹, publicada em 2022, mostram a interrupção do longo período de expansão desses indicadores, que vinham mostrando crescimento ininterrupto desde 1988²

► A queda foi significativa, em relação aos números de 2021: no caso do Brasil, passou de 72,9 mil para 59,9 mil publicações (-17,9%) e, no de São Paulo, de 30,6 mil para 25,1 mil (-17,8%)³

Número de publicações científicas originadas em São Paulo e sua participação no Brasil (2018-2022)



Número de publicações científicas originadas no Brasil e sua participação no mundo (2018-2022)

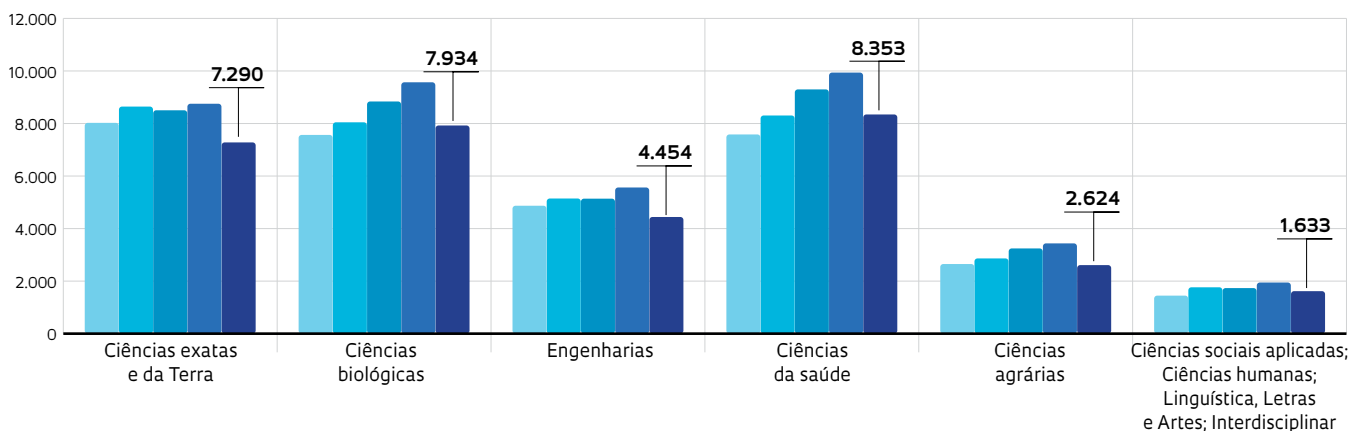


► Tal retração atingiu todo o mundo, mas com maior intensidade o Brasil do que no conjunto dos países. É o que mostra a diminuição da participação brasileira no total mundial: de 2,78% para 2,46%, entre 2021 e 2022, voltando ao valor registrado em 2014

► Entre 1980 e 2021, houve perda da participação brasileira em apenas quatro oportunidades, sempre com intensidades muito baixas. A última ocorreu de 2010 para 2011, só notada na terceira casa decimal dos valores (de 2,342% para 2,341%)

► A redução da produção científica de São Paulo, entre 2021 e 2022, deu-se com intensidade semelhante à do Brasil, o que se expressou na manutenção da participação do estado no conjunto do país em 41,9% nesses dois anos

São Paulo: publicações por grande área do conhecimento (2018-2022)



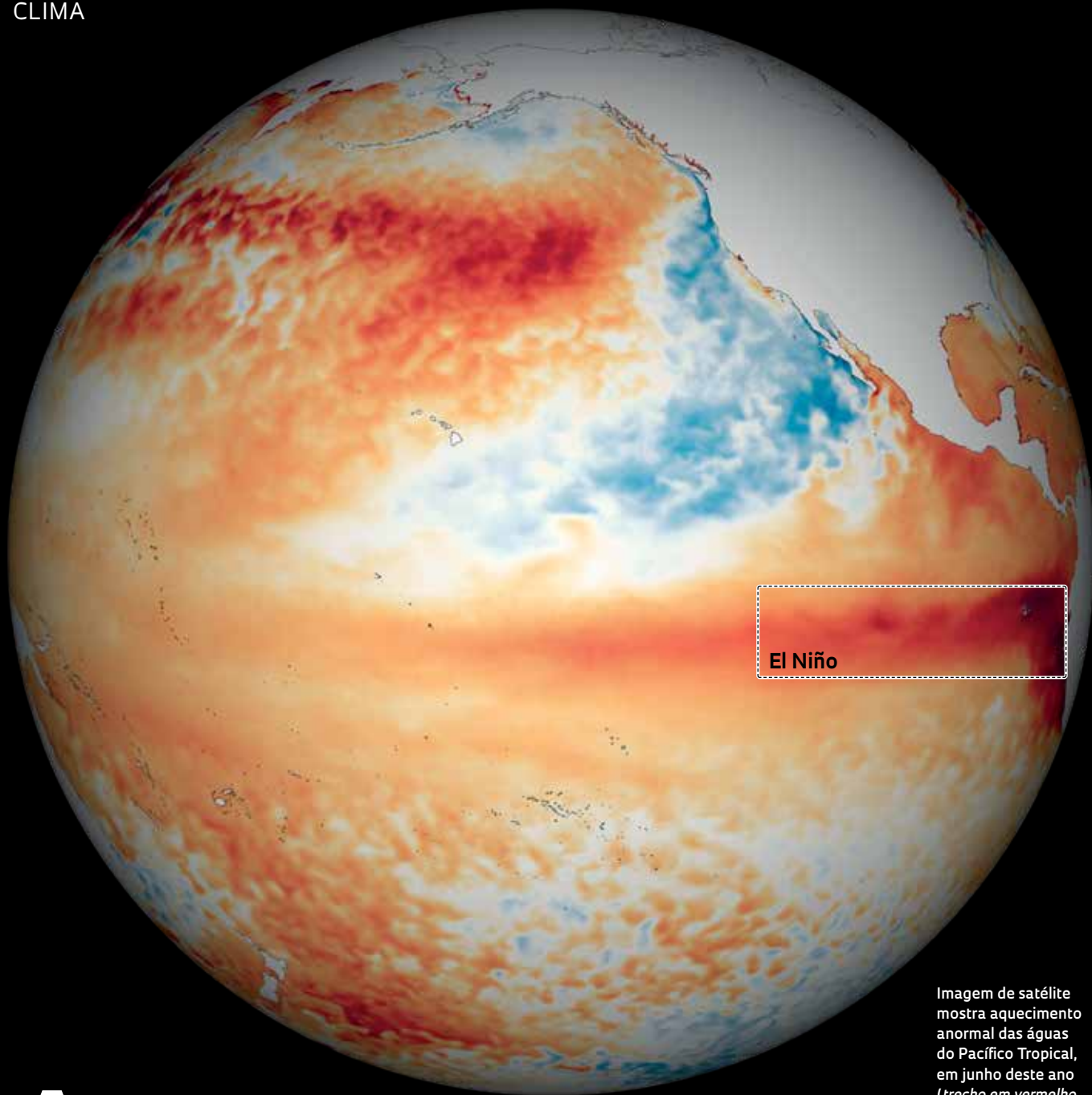
► Em São Paulo, o declínio em 2022 ocorreu em todas as grandes áreas do conhecimento, com menor intensidade na área de Ciências da saúde (-12%)

► Em contraste, nas Ciências agrárias a retração foi a mais intensa (-23,9%). Nas demais áreas, a taxa de variação ficou em torno da média geral (de -18% a -17%)

► Entre os elementos que podem ter contribuído para esses movimentos, destaca-se a diminuição do número de titulações no doutorado no período da pandemia (ver Pesquisa FAPESP nº 313). Pode-se supor que tal diminuição tenha implicado menor produção de teses e de artigos científicos, só detectada em 2022, dois anos após a queda no número de titulações

NOTAS (1) PUBLICAÇÕES DOS TIPOS "ARTICLE", "PROCEEDINGS PAPER" E "REVIEW" DA BASE WEB OF SCIENCE/CLARIVATE. UMA PUBLICAÇÃO É ATRIBUÍDA A UMA REGIÃO OU PAÍS SE PELO MENOS UM DOS AUTORES É AFILIADO A UMA ORGANIZAÇÃO LOCALIZADA NAQUELA UNIDADE GEOGRÁFICA. (2) NO CASO DO BRASIL, PARA SÃO PAULO, DESDE 1980, ANO INICIAL DESSA SÉRIE, É A PRIMEIRA VEZ QUE SE CONSTATA QUEDA ANUAL NO NÚMERO DE PUBLICAÇÕES INDEXADAS NA BASE WEB OF SCIENCE. (3) OS NÚMEROS DE PUBLICAÇÕES DE 2022 DEVERÃO SOFRER ALTERAÇÕES AO LONGO DOS PRÓXIMOS MESES, COM NOVAS PUBLICAÇÕES REGISTRADAS NO SISTEMA. NO ENTANTO, SEU HISTÓRICO MOSTRA QUE NÃO SERÃO SUFICIENTES PARA AFETAR ESSES QUADROS DE MANEIRA SIGNIFICATIVA.

CLIMA



El Niño

Imagem de satélite mostra aquecimento anormal das águas do Pacífico Tropical, em junho deste ano (trecho em vermelho no destaque)

A CHEGADA DO EL NIÑO

Aquecimento do Pacífico Tropical indica que fenômeno tem cerca de 80% de chance de ser de intensidade entre moderada e forte

Meghie Rodrigues

Nas últimas semanas, proliferaram notícias sobre a provável chegada do El Niño, oscilação climática que altera o regime de chuvas e o padrão de temperatura em várias partes do mundo. No Brasil, o fenômeno costuma provocar estiagens em partes das regiões Norte e Nordeste e tempestades no Sul. Desde junho, conforme relatos do Centro de Previsão Climática da Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (Noaa), dos Estados Unidos, os sinais do El Niño, caracterizado por um aquecimento acima da média histórica das águas das porções leste e central do Pacífico Tropical, são claros. O que ainda não se sabe é a intensidade do fenômeno nos próximos meses. As mais recentes previsões da Noaa estimam que há cerca de 80% de chance do El Niño ser entre moderado e forte e apenas 20% de ser muito forte entre novembro deste ano e janeiro de 2024.

“Alguns modelos apontam que o El Niño poderia ser mais intenso, mas outros dizem que ele vai ser moderado. Particularmente, acredito que teremos um episódio moderado”, opina o meteorologista Tércio Ambrizzi, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP). “Este El Niño já começa moderado e tem chance de evoluir para uma intensidade forte. Mas não é possível afirmar que este vai ser o mais forte dos últimos 30 anos”, observa o meteorologista Gilvan Sampaio, que está à frente da Coordenação Geral de Ciências da Terra do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe).

A preocupação é justificável: em anos de El Niño, a escassez de chuvas no Norte e Nordeste coloca pressão sobre o abastecimento de água e deixa a Amazônia mais vulnerável a queimadas do que o normal. “Os incêndios podem se espalhar com mais facilidade”, diz Ambrizzi. O Sul, ao contrário, pode sofrer com o excesso de umidade e chuvas, prejudicando a atividade agrícola e promovendo inundações. O cenário decorrente do fenômeno climático no Centro-Oeste e no Sudeste do país, consideradas zonas de transição

entre essas duas grandes tendências, costuma ser mais incerto: essas regiões podem sofrer tanto com o excesso quanto com a falta de chuvas.

O QUE É O EL NIÑO

Maior dos oceanos, o Pacífico cobre cerca de um terço do globo terrestre. Sua extensão é superior à de todos os continentes somados. Há pelo menos 90 anos, os cientistas vêm acumulando evidências de que flutuações naturais, de periodicidade irregular, nos ventos e na temperatura das águas superficiais do Pacífico Tropical, em especial perto da costa do Peru e do Equador, estão associadas a mudanças no regime de chuvas e secas em várias partes do globo. Essas variações constituem o que os meteorologistas denominam hoje como El Niño Oscilação Sul (Enos).

Essas flutuações apresentam três regimes. Quando as águas dessa região se mantêm por mais de cinco meses seguidos ao menos 0,5 grau Celsius (°C) mais quentes do que sua média histórica, a Enos está em sua fase conhecida como El Niño, exatamente a que está provavelmente começando agora. Se elas se encontram 0,5 °C mais frias por igual período, a oscilação está em seu estágio de La Niña. Caso as temperaturas permaneçam dentro da média histórica, a Enos está em seu regime neutro. “É importante lembrar que o La Niña é a fase oposta de uma mesma oscilação, da Enos”, observa a meteorologista Alice Grimm, da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Os efeitos no clima do La Niña tendem a ser o inverso dos provocados pelo El Niño. Onde um faz chover mais, o outro estimula secas e vice-versa. Os El Niños costumam ocorrer a intervalos não muito precisos, a cada período de dois a sete anos.

“Em junho, a Noaa registrou que a temperatura do Pacífico Tropical estava 0,5 °C acima da média de 30 ou 40 anos atrás. Mas esse dado isolado não quer necessariamente dizer que estamos entrando em um El Niño”, explica a meteorologista Michelle Reboita, da Universidade Federal de Itajubá (Unifei), de Minas Gerais. “A Noaa só fez esse alerta porque, além de constatar esse aque-

cimento, as modelagens climáticas indicavam que a temperatura na superfície dessa região do oceano não vai se reduzir nos próximos meses.”

Em meados de julho, os registros da Noaa indicavam que o aquecimento das águas do Pacífico Tropical estava na casa de 1 °C. Um El Niño é considerado fraco se o aumento de temperatura no Pacífico Tropical se situa entre 0,5 e 0,9 °C. Quando o aquecimento é de 1 a 1,5 °C, é rotulado de moderado. Acima disso, a oscilação é vista como forte. A classificação toma por base a temperatura no momento mais crítico do El Niño, no final do ano, durante o verão no hemisfério Sul e inverno no Norte.

O El Niño está ligado ao padrão de circulação atmosférica. O aumento de temperatura do Pacífico Tropical ocorre quando os ventos alísios – que sopram de leste para oeste na região tropical – ficam mais fracos e não conseguem empurrar a água quente, que foi aquecida pelos raios solares, para a Ásia e a Oceania. “A água quente permanece parada nesse trecho do Pacífico, evapora mais e favorece o surgimento de chuvas naquela região”, diz Reboita.

Águas aquecidas tendem a ficar nas regiões mais superficiais do oceano por serem mais leves, ou menos densas, que as frias, que se acumulam na parte mais profunda. Em situações normais, sem El Niño, os ventos alísios levam as águas quentes e superficiais do Pacífico Tropical das Américas para a Oceania e abrem espaço para que as águas frias, mais profundas, subam e ocu-

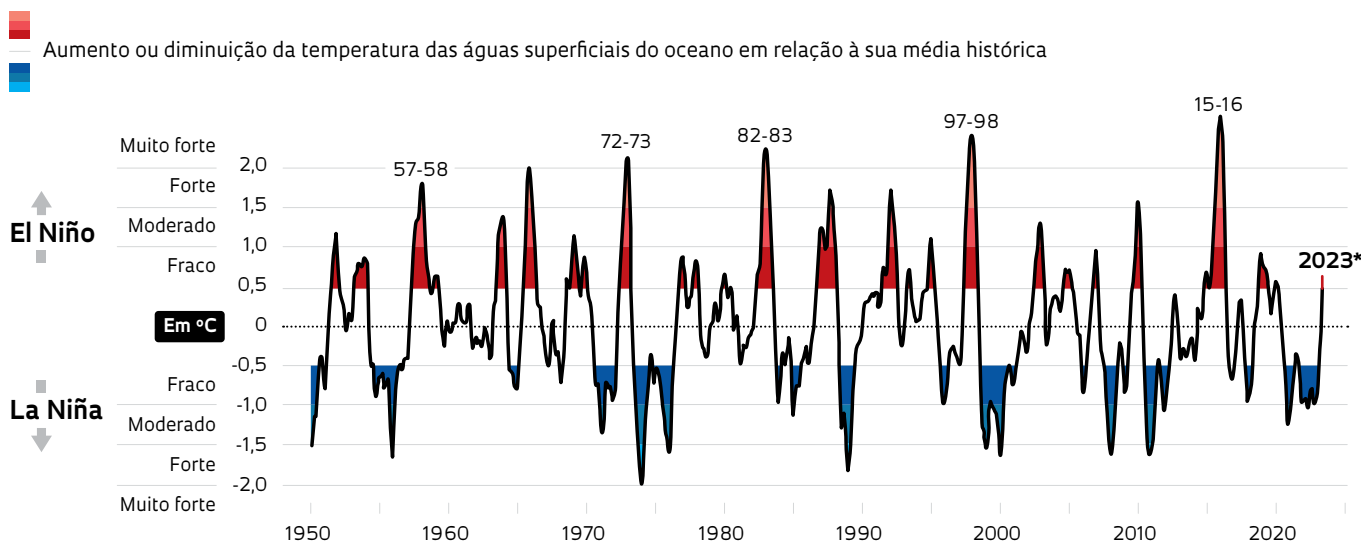
pem seu lugar. Esse afloramento, denominado ressurgência, ocorre usualmente perto da costa equatorial da América do Sul. “Essas águas mais frias carregam nutrientes e estimulam a circulação de peixes e outros animais marinhos”, comenta a pesquisadora da Unifei, que coordenou um estudo sobre o impacto de diferentes fenômenos climatológicos sobre a América do Sul em 2021. “Por isso, quando não há El Niño, a pesca é favorecida em locais como o Chile e o Peru.”

“Não sabemos o que causa o enfraquecimento dos ventos alísios em períodos de El Niño”, diz Ambrizzi. “Não está muito claro se é o oceano que influencia a atmosfera ou o contrário”, pondera. “Fica difícil saber ao certo como é a variabilidade desse fenômeno, que nos últimos 30 ou 40 anos tem surgido com maior frequência, a cada dois ou três anos.”

A charada é complexa, mas existem pistas para decifrá-la. O meteorologista Pedro Leite da Silva Dias, colega de Ambrizzi no IAG-USP, conta que a Enos teve início há cerca de 2 milhões de anos, quando ocorreu o fechamento do istmo do Panamá, que conectou a América do Norte à do Sul. “Antes disso, os oceanos Pacífico e Atlântico se comunicavam. O fechamento foi decisivo para a ocorrência de uma mudança significativa na variabilidade do clima terrestre. Os El Niños e La Niñas começaram a ser muito mais eficientes”, explica Dias. “O clima se tornou mais estável, com ciclos glaciais mais intensos, dando espaço para o surgimento da vida como a conhecemos. Se o clima é ruim devido à existência da Enos, ele seria ainda pior se não houvesse essa oscila-


Quando o Pacífico Tropical esquentou ou esfriou

Períodos em que, desde a década de 1950, foram registrados El Niños e La Niñas



* EM JUNHO DE 2023.

FONTE NOAA



Toronto, no Canadá, coberta por fumaça de incêndios florestais devido às altas temperaturas em junho

A escalada do calor

Na primeira semana de julho, o recorde da temperatura média global foi batido três vezes de forma consecutiva. No dia 4, uma segunda-feira, a marca chegou a 17,01 °C. No dia seguinte, atingiu 17,18 °C. Na quinta-feira, 7 de julho, alcançou 17,23 °C. A sucessão de recordes ocorreu depois de junho de 2023 ter sido considerado o junho mais quente da história. A temperatura média de toda a superfície terrestre (continentes e oceanos) foi em junho deste ano de 16,51 °C, cerca de 0,5 °C acima da média histórica calculada para o período de 1991-2020, segundo dados do Serviço de Mudanças Climáticas Copérnico, da União Europeia.

A expectativa é de que, durante o auge do verão no hemisfério Norte, sejam batidos recordes de temperatura máxima em diferentes partes do planeta. Incêndios florestais em vários países, como no Canadá e na Grécia, já estão ocorrendo. Em junho de 2023, a quantidade de gelo na Antártida também esteve 17% menor do que sua média desde que esse parâmetro é observado por satélite, segundo a Organização Meteorológica Mundial (WMO). “Estamos acostumados a ver grandes reduções do gelo marinho no Ártico, mas não na Antártida”, disse, em entrevista coletiva no início de julho, Michael Sparrow, chefe da divisão de pesquisa do clima global da WMO.

Alguns pesquisadores suspeitam que a atual onda de calor já seria consequência de um El Niño potencializado pela crise climática, que tem como principal marca o aquecimento global. Cientistas ouvidos pelo jornal norte-americano *The Washington Post* argumentam que esses recordes de temperatura só têm paralelo com o que ocorreu há cerca de 125 mil anos, antes do início da última glaciação. Em períodos mais recentes, algo dessa grandeza só teria ocorrido por volta de 6 mil anos atrás, quando uma flutuação na órbita da Terra aqueceu o planeta de forma anômala.

O meteorologista Gilvan Sampaio, do Inpe, corrobora a tese. Ele diz que os modelos climáticos mostram que o raciocínio acima faz sentido. A sequência de recordes de temperatura registrada nas últimas décadas deste século é um sinal de que há algum problema no funcionamento do sistema terrestre. “O efeito estufa sempre existiu, mas seu aumento causado pela crise climática leva à ocorrência de picos de temperatura muito próximos. O aquecimento global ocorre de forma muito rápida, e os sistemas naturais não têm tempo de se adaptar”, alerta Sampaio.

ção, que facilita o transporte de calor da região equatorial para os polos.”

Ambrizzi diz que não se pode atribuir com certeza o aumento na frequência de El Niños ao aquecimento global, que torna a atmosfera mais instável. “É claro que os oceanos estão sendo muito influenciados pelo aquecimento da atmosfera, absorvendo parte do calor extra que chega à superfície. Essa relação pode existir, mas não temos trabalhos científicos que mostrem isso de forma conclusiva”, diz o pesquisador, que é coautor de um estudo sobre padrões do El Niño na América do Sul publicado em dezembro passado na revista *Climate Dynamics*.

Os especialistas alertam para o risco de se fazer generalizações sobre os impactos climáticos de um El Niño em cada região do globo e mesmo nas diferentes partes do Brasil. “Os efeitos do fenômeno mudam ao longo das estações, da mesma forma que a circulação atmosférica e a radiação solar se alteram durante o ano”, explica Grimm. O El Niño normalmente se inicia no inverno (do hemisfério Sul) e termina no outono do ano seguinte. “No Sul do Brasil, em anos de El Niño, normalmente chove acima do normal durante a primavera e o outono. No verão, isso ocorre mais consistentemente apenas na parte sul da região. No Norte e em parte do Nordeste, os impactos do fenômeno são mais fortes no outono e no verão, período mais chuvoso, e levam à diminuição da precipitação.”

No Sudeste e no Centro-Oeste, os efeitos do El Niño – e do La Niña – não são tão consistentes e típicos. “O Sudeste é uma região muito afetada pelo regime de monção de verão [quando massas de ar úmido vindas do Atlântico favorecem a formação de nuvens que provocam chuvas fortes].” É importante ter consciência dessas variações, que podem ter repercussões sobre atividades que movimentam muito dinheiro, como a agricultura e a geração de energia elétrica, e também sobre a vida das pessoas”, diz a pesquisadora da UFPR.

Em junho deste ano, Grimm foi uma das coautoras de um estudo internacional publicado no *Journal of Climate* sobre interações do El Niño com outro fenômeno, a oscilação de Madden-Julian. Esse fenômeno, que dura de um a dois meses, é uma célula de convecção sobre a faixa equatorial, que se desloca do oeste para o leste. A junção dessas duas anomalias pode alterar ainda mais o que já estaria fora do normal por conta apenas do El Niño ou da oscilação de Madden-Julian. No Sudeste, a combinação pode produzir mais eventos extremos de chuva no verão. Seus efeitos sobre outras regiões, como o Sul e o Nordeste, tendem a ser menos severos. ■

GEOLOGIA



A FUTURA PAISAGEM DO NORDESTE E DO LITORAL

Haverá mais áreas altas, já que as bacias sedimentares se elevam principalmente nessas regiões

Carlos Fioravanti



A serra do Espinhaço, em Minas Gerais e Bahia, começou a elevar-se há cerca de 600 milhões de anos

O Brasil deverá ter uma paisagem mais montanhosa em alguns milhões de anos. Com poucas serras e chapadas, a região Nordeste ganha áreas mais altas, muito lentamente. Já na costa brasileira, poderá se erguer uma cordilheira, também com vagar.

É possível imaginar um Nordeste cheio de elevações porque as chamadas bacias sedimentares, há milhões de anos, sofrem um soerguimento, resultado da compressão das placas tectônicas, os grandes blocos de rochas que formam a camada mais superficial da Terra.

Normalmente baixas, em comparação com as áreas vizinhas, as bacias sedimentares se formam em geral pelo afastamento de estruturas geológicas mais densas, acumulam fragmentos de rochas e restos de animais e vegetais.

No Brasil as dimensões das bacias variam bastante: a Amazônica tem 7 milhões de quilômetros quadrados (km²) e acumula estimados 20% da água doce do planeta, enquanto a de Taubaté, a leste do estado de São Paulo, tem 4,2 mil km². As duas estão sendo espremidas – ou comprimidas – pelas placas entre as quais se formaram, de acordo com um levantamento nacional publicado em abril na revista *Journal of South American Earth Sciences*.

Das 72 bacias sedimentares terrestres e marítimas, que respondem por cerca de 60% do território nacional, pelo menos 22 sofrem compressão desde o período geológico conhecido como Cretáceo Superior, de 100 milhões a 66 milhões de anos atrás.

A maioria (12) das bacias em elevação encontra-se ao longo da costa brasileira, região já bastante estudada pelos geólogos em vista da possibilidade de abrigarem petróleo. É o caso

das bacias de Santos e Campos, principal centro produtor de petróleo e gás natural com 352 mil km², do litoral sul do Rio de Janeiro até o norte de Santa Catarina.

Coordenado pelo geólogo Francisco Hilário Bezerra, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), o estudo citou também outras 51 bacias sedimentares sendo espremidas e se elevando no mundo. O trabalho contou com o apoio de dois institutos nacionais de Ciência e Tecnologia – o de Estudos Tectônicos (INCT-ET) e de Geofísica de Petróleo (INCT-GP) – e do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq).

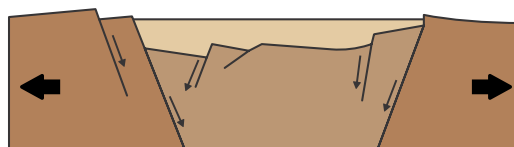
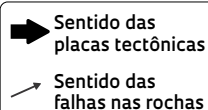
“As inversões não ocorrem especialmente onde a crosta é mais fina, como em algumas áreas no Norte e no Nordeste do Brasil”, diz Bezerra. Chamado de inversão tectônica, por consistir na pressão – ou compressão – das placas tectônicas entre as quais estão as bacias, no sentido oposto ao afastamento que as gerou, esse movimento modifica o relevo lentamente, ao passo que os vulcões e terremotos causam mudanças repentinas. Pode também desviar rios e criar condições para a formação de reservatórios subterrâneos de água ou petróleo, aprisionados com o deslocamento dos blocos de rochas.

“A inversão das bacias sedimentares é um tema pouco explorado, principalmente no Brasil”, comenta o geólogo Claudio Riccomini, dos institutos de Energia e Meio Ambiente (Iema) e de Geociências (IGc), ambos da Universidade de São Paulo (USP), que não participou do estudo. “Em casos extremos, gera cadeias de montanhas.”

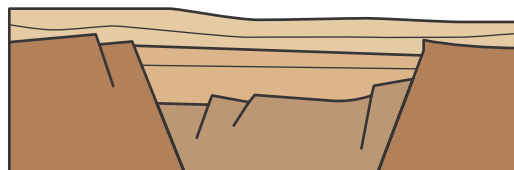
A Chapada do Araripe, que se estende por cerca de 200 quilômetros (km) nos estados do Ceará, Pernambuco e Paraíba, com até mil me-

OS ESTÁGIOS DA INVERSÃO TECTÔNICA

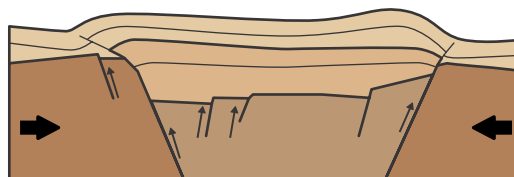
Formadas pelo afastamento de placas tectônicas, áreas inicialmente baixas podem se elevar se comprimidas



Duas placas se afastam, gerando uma depressão entre elas



Ao longo de milhares de anos, a área mais baixa é coberta por sedimentos

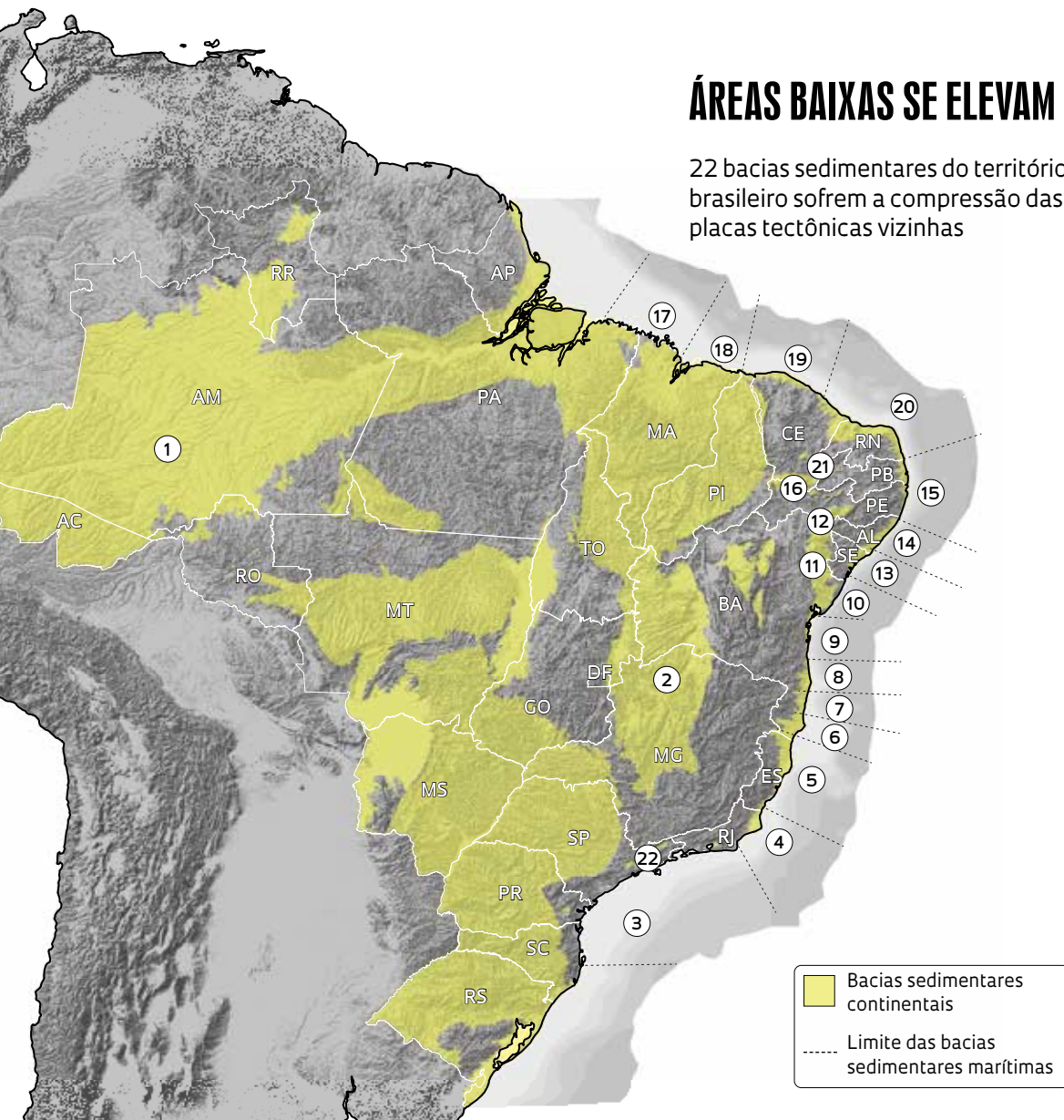


Mudanças no sentido das placas ativam as falhas nas rochas, forçando a elevação das bacias sedimentares

FONTE ZWAAN, F. ET AL. SOLID EARTH. 2023

ÁREAS BAIXAS SE ELEVAM

22 bacias sedimentares do território brasileiro sofrem a compressão das placas tectônicas vizinhas



FONTES BEZERRA, F. H. ET AL. JOURNAL OF SOUTH AMERICAN EARTH SCIENCES. 2023 / DAVID VASCONCELOS (UFCCG)

tros (m) de altura, por exemplo, já foi uma bacia sedimentar com topografia baixa. Formada há cerca de 150 milhões de anos, essa área começou a afundar – movimento associado à formação das bacias sedimentares – há cerca de 110 milhões de anos em resposta a mudanças no sentido das forças das placas tectônicas decorrentes da separação entre a América do Sul e a África. Bem depois, pelo menos desde o período chamado Cretáceo Superior, cerca de 60 milhões de anos atrás, começou a subir, também como reação à compressão de estruturas mais densas que a cercam.

O geólogo Norberto Morales, do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (IGCE-Unesp), que percorreu o Araripe pela primeira vez em 1997, observa que a formação da chapada não apenas modificou o relevo, mas também favoreceu a ocupação humana.

“As regiões de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha e outras do vale do Cariri, na Paraíba, têm muita água e plantações em consequência da inversão da bacia do Araripe”, diz ele. “A chapada funciona como uma barreira à umidade e faz a chuva escoar. A água se infiltra no solo, acumula-se em rochas porosas como o arenito e abastece os lençóis freáticos.” No estudo mais recente, publicado em janeiro na revista *Tectonophysics*, o grupo da Unesp mostra que, como outras bacias do Nordeste, a do Araripe foi gerada por esforços de afastamento e ainda no Cretáceo esteve sujeita também à inversão, influenciada por forças de compressão.

Outro exemplo é a serra do Espinhaço, que se estende por cerca de mil km nos estados de Minas Gerais e Bahia, com altitude máxima de 2.072 m no pico do Sul, no município mineiro de Catas Altas. Essa área começou a elevar-se há 600 milhões de

anos, quando rochas sedimentares e vulcânicas soterradas a grandes profundidades começaram a subir, pressionadas pelos blocos rochosos vizinhos.

“Os Andes também já foram uma bacia sedimentar de baixa altitude, tanto que têm fosséis marinhos”, acrescenta Riccomini. A cordilheira na borda oeste da América do Sul começou a se formar há cerca de 60 milhões de anos, como resultado da subducção – ou mergulho – da placa de Nazca sob a placa Sul-americana, que pressionou o relevo para cima. Com as bacias situadas entre os limites das placas tectônicas, como as da porção continental do Brasil, o processo é diferente: é a quantidade de sedimentos acumulados, não a pressão das placas, que vai determinar o quanto uma área poderá se elevar.

De acordo com esse raciocínio, as bacias sedimentares do Nordeste, por não abrigarem tanto sedimento, não devem sofrer um soerguimento acentuado. Mas é possível pensar que, em centenas de milhões de anos, a costa brasileira esteja cercada por áreas mais elevadas que o atual relevo, já que ao longo do litoral as bacias são mais profundas, com mais sedimentos.

“Alguns modelos teóricos sobre a evolução dos continentes indicam que poderia se formar uma zona de subducção na costa brasileira, que marca o limite da crosta continental e da crosta oceânica”, comenta Morales. “Por ser mais densa, a crosta oceânica vai mergulhar sob a continental. Foi assim que os Andes começaram.”

Ver a América do Sul e a África em um mapa ajuda a entender por que as bacias sedimentares sobem em vez de afundarem. “Quando a América do Sul se separou da África, formou-se uma cordilheira no meio do Atlântico, a Dorsal Meso-oceânica, que pressiona a placa Sul-americana para oeste”, explica Bezerra.

Do outro lado do continente, ele acrescenta, a placa de Nazca mergulha sob a placa Sul-americana e, depois de ter formado os Andes, empurra para leste os blocos de rochas que formam o continente. “Como resultado, o trecho continental da placa Sul-americana, que fica no meio, é comprimido e joga para cima as partes menos densas, que são as bacias sedimentares”, diz Bezerra.

Morales acrescenta: “Deveríamos considerar também a placa do Caribe, que é pequena, mas decisiva para a formação geológica da Amazônia”. Segundo ele, a movimentação da placa do Caribe resultou, por exemplo, nos vastos depósitos de petróleo da Venezuela.

Segundo o geólogo David Vasconcelos, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), que participou do trabalho, houve três grandes períodos de elevação das bacias brasileiras: de 100 milhões a 70 milhões, de 50 milhões a 40 milhões e de 20 milhões até hoje. As duas últimas fases coincidem com as de maior crescimento dos Andes, em resposta à pressão da placa de Nazca.

Como algumas bacias são muito extensas, não é possível verificar quanto de cada uma se elevou, mas em algumas áreas esse fenômeno e suas consequências são visíveis. É o caso da serra do Mel, um trecho central da bacia Potiguar, no Rio Grande do Norte. Pressões identificadas por várias técnicas geológicas e geofísicas resultaram em uma elevação de 273 m de altura, com 40 km de largura e 70 km de comprimento, cercada por áreas a nível do mar.

“Em consequência da compressão na serra do Mel, as falésias litorâneas, já com mais de 100 m, também estão soerguendo e os rios se afastando”, comenta Bezerra. Segundo ele, a serra está empurrando o rio Mossoró para oeste e o Açu para leste. As planícies ao lado dos rios indicam esse deslocamento. Ao redor da serra, outros trechos da bacia Potiguar se movem em várias direções, em resposta à pressão das placas tectônicas.

A visão mais clara sobre o estado e as tendências da paisagem brasileira resulta de estudos iniciados nos anos 1980, quando geólogos e geofísicos do mundo inteiro verificaram que as regiões entre as placas tectônicas estavam sendo comprimidas. O resultado foi a elaboração de um mapa de forças geológicas, publicado inicialmente em 1992, com a participação do geofísico Marcelo Assumpção, da Universidade de São Paulo (USP); a versão mais recente, de 2016, registra 42 mil pontos de tensão entre blocos de rochas, dentro e fora das bacias. ■

A formação da Chapada do Araripe barrou a umidade e facilitou o crescimento da vegetação



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

DE PAIS PARA FILHOS

Estudos sugerem que o metabolismo pode ser programado desde a gestação para desenvolver obesidade e diabetes

Letícia Naísa



O laboratório do fisiologista José Donato Junior, do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP), abriga um “hotel de ratinhos” com uma impressionante diversidade de animais. Ao todo, ele e sua equipe acompanham de perto 1.200 roedores de mais de 40 linhagens e medem os hábitos e as rotinas de cada um deles. Entre todos os grupos, um chama a atenção: o dos camundongos gordos. Não é por acaso nem por conta de dietas especiais que esses animais ficam com o triplo do peso de um camundongo normal. Os roedores obesos têm uma alteração genética que os impede de produzir um hormônio que sinaliza para o cérebro a hora de parar de comer. Sem esse hormônio que induz à saciedade, eles ingerem mais alimento do que deveriam e engordam. O efeito produzido por essa mutação simula um fenômeno que começou a ser mais bem compreendido nos últimos anos e pode explicar, ao menos em parte, por que alguns grupos de roedores – e talvez de seres humanos – têm uma propensão maior a desenvolver obesidade e diabetes: a programação metabólica.

O conceito indica que o ambiente ao qual os filhotes são expostos durante a gestação e pouco após o nascimento influencia o desenvolvimento de certas áreas cerebrais, como as responsáveis pelo controle da fome e da saciedade, e favorecem o surgimento de doenças depois de adultos. Em um artigo de revisão publicado em abril na revista *Nature Reviews Endocrinology*, Donato analisou 161 trabalhos sobre o assunto e consolidou as evidências de como esse fenômeno está relacionado ao desenvolvimento de obesidade e diabetes. “A busca pelo entendimento desse conceito é importante porque as doenças cardiovasculares, que têm obesidade e diabetes como fatores de risco, são as principais causas de morte no mundo”, afirma o fisiologista.

Esses estudos, que incluem dados de experimentos com roedores e observações em seres humanos, indicam que, ao menos no caso do diabetes e da obesidade, a programação metabólica se dá por meio da liberação pelo organismo materno de um grupo de compostos químicos chamados adipocinas. Produzidas pelas células do tecido adiposo, as adipocinas funcionam como hormônios. Por meio do sangue, elas chegam

ao cérebro do feto em gestação e influenciam a formação das áreas ligadas à regulação da fome, da saciedade e do gasto energético. Após o nascimento, continuam a modular a maturação dessas áreas cerebrais e de outros tecidos do corpo ao serem transferidas para os filhos via leite materno ou produzidas pelas próprias recém-nascidos.

Nas duas situações, elas podem atuar tanto no nível celular quanto no molecular. No primeiro, as adipocinas modificam as conexões entre as células, alterando a estrutura dos circuitos cerebrais. No segundo, por mecanismos epigenéticos, ativam ou desligam genes importantes para o funcionamento dessas células. “Doenças metabólicas também podem ser causadas por marcas epigenéticas, que se formam ao longo da vida e são passadas de geração para geração”, comenta a bióloga Patrícia Boer, pesquisadora da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e presidente da DOHaD Brasil (Origens Desenvolvimentistas da Saúde e da Doença).

Das quase 10 adipocinas já identificadas, duas – a leptina e a adiponectina – sabidamente desempenham um papel essencial na programação metabólica que pode ocasionar obesidade e diabetes. Identificada em 1994, a leptina é um dos hormônios que regulam a fome e a saciedade nos seres humanos a partir da infância. Ela sinaliza para o cérebro quando o corpo já ingeriu alimentos o suficiente e está pronto para gastar a energia que acumulou. Curiosamente, pessoas obesas produzem níveis mais altos de leptina. Isso acontece porque o cérebro perde a sensibilidade à ação desse hormônio – é a chamada resistência à leptina. Como consequência, o obeso come mais do que deveria e gasta menos a energia armazenada, criando um estoque que se transforma em gordura. É algo bastante similar ao que acontece com a insulina em casos de diabetes tipo 2.

Durante o desenvolvimento do feto, no entanto, esse hormônio age de duas formas. Quando a gestante é obesa, seu organismo produz muita leptina, que chega em níveis elevados ao feto. Expostas a muita leptina, as regiões cerebrais que deveriam perceber a presença desse hormônio se constituem de maneira insensível a ele. Em princípio, esse organismo estaria programado para ter resistência à leptina e, consequentemente, estocar mais energia na forma de gordura e potencialmente desenvolver doenças metabólicas,

Camundongo geneticamente alterado para não produzir leptina e simular efeito da programação metabólica

como obesidade e diabetes. Já os filhos de mães com peso inferior ao ideal são menos expostos à leptina na gestação e seu cérebro não aprende a identificar a ação do hormônio. É como se esse hormônio não existisse para eles, assim como acontece com os camundongos obesos do laboratório de Donato. Tanto os filhos de mães obesas quanto os filhos de mães mais magras do que o ideal têm a mesma propensão a se tornarem obesos e a ter diabetes ao longo da vida.

O que acontece com os roedores filhos de mães muito magras traz à memória da bioquímica Cristiane Matté, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), um estudo de acompanhamento populacional de descendentes de gestantes holandesas que sofreram com a fome durante a invasão nazista em 1944. O grupo coordenado pela epidemiologista Tessa Roseboom, da Universidade de Amsterdã, observou que a restrição alimentar das mães afetou de forma permanente a estrutura de órgãos dos filhos, que, depois de adultos, desenvolveram problemas renais, respiratórios, de saúde mental e metabólicos, especialmente obesidade. Esse efeito passou de geração para geração, impactando a saúde pública do país por décadas, como relataram os pesquisadores em um artigo publicado em 2021 na revista *BMJ Open*.

“Mães que tiveram aporte nutricional extremamente restrito no terceiro trimestre da gestação geraram crianças com um fenótipo econômico”, explica Matté, que é pesquisadora do Centro de Estudos em Programação Metabólica da UFRGS e membro da Associação DOHaD Brasil. “Quando essas crianças nasceram, já tinha passado a guerra, mas o metabolismo delas estava programado para um ambiente de escassez e para aproveitar

ao máximo os carboidratos, lipídios e proteínas a que tinham acesso.”

O conceito de fenótipo econômico foi criado pelo epidemiologista inglês David Barker (1938-2013) depois de observar que crianças que nasciam com peso abaixo do desejável morriam mais tarde de doenças cardiovasculares causadas por outras doenças metabólicas. Posteriormente, estudos com roedores mostraram que a exposição a baixos níveis de leptina na gestação ou logo após o nascimento, uma situação análoga à vivida por filhos de mães que passaram por privação alimentar severa, gera mudanças que favorecem o surgimento do diabetes e da obesidade na idade adulta.

O outro hormônio destacado por Donato no artigo da *Nature Reviews Epidemiology* é a adiponectina, que programa o metabolismo do feto de um jeito diferente. Em vez de influenciar o desenvolvimento do cérebro, como a leptina, a adiponectina atua no acesso aos nutrientes e impacta o tamanho do bebê ao nascer. Ela aumenta a sensibilidade das células do fígado e dos músculos ao hormônio insulina, responsável pela utilização da glicose como fonte de energia.

Grávidas com diabetes geralmente têm baixos níveis de adiponectina no sangue e, consequentemente, altas concentrações de glicose. Com mais nutrientes disponíveis, seus bebês nascem maiores que o esperado para a idade gestacional. O oposto ocorre com as gestantes que passam fome. A taxa de adiponectina no sangue é elevada e a de glicose é baixa. Com menos acesso a esse nutriente, o feto se desenvolve menos e o bebê nasce com peso inferior ao considerado saudável. Em ambas as situações, no entanto, o desfecho é semelhante: há um aumento importante no risco de desenvolver obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares na idade adulta. Barker foi o primeiro a fazer essa associação – é a chamada hipótese de Barker – entre o tamanho ao nascer e o risco de desenvolver essas enfermidades. “As alterações de crescimento fetal são importantes para aumentar ou diminuir o risco de doenças posteriormente”, afirma Donato. Dados sobre tamanho ao nascer são de fácil acesso em vários países, o que permitiu mais pesquisas sobre essa relação.

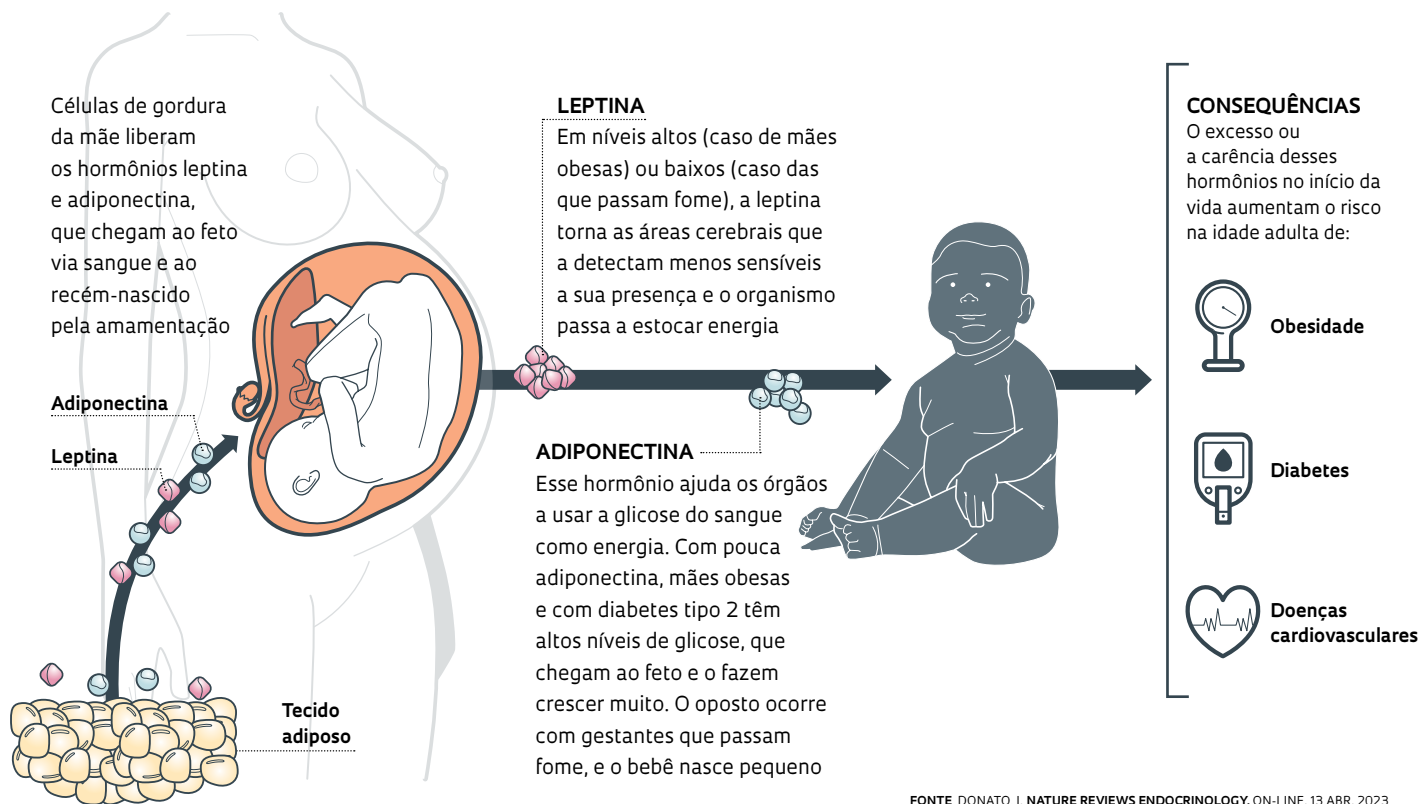
Os experimentos feitos com roedores em laboratório, como o de Donato, ajudam a conhecer o que acontece no organismo humano. “Sabemos que toda a fisiologia da leptina é idêntica em pessoas e em animais”, conta o pesquisador. Uma vantagem dos estudos com roedores é que a gestação dura apenas 21 dias, o que permite observar em poucos dias ou semanas o que pode levar anos para acontecer em seres humanos.

“Hotel de ratinhos” do ICB-USP, onde os pesquisadores acompanham mais de 40 linhagens de roedores



Um efeito entre gerações

Hormônios produzidos pela mãe influenciam a propensão da criança a ganhar peso e desenvolver doenças metabólicas



FONTE: DONATO, J. NATURE REVIEWS ENDOCRINOLOGY. ON-LINE. 13 ABR. 2023

Esse conhecimento pode ser útil para informar as pessoas de que doenças metabólicas durante a gestação podem ser tão prejudiciais ao feto quanto beber ou fumar. “Não é tão óbvio para a população e saber disso permite aos pais planejarem perder peso e controlar o diabetes antes de terem um filho”, completa Donato. “É muito importante ter um rigor maior no acompanhamento do peso e da nutrição durante o pré-natal.” No longo prazo, a expectativa é que os estudos possam inspirar novas terapias para prevenir que bebês se tornem adultos com doenças metabólicas.

Embora possa explicar parte dos casos de obesidade e diabetes na vida adulta, a programação metabólica não deve ser vista como uma sentença definitiva sobre a saúde futura. Essas doenças são multifatoriais. Podem ser causadas por influências externas, mas também por herança genética ou epigenética. “Se as causas fossem exclusivamente genéticas, apenas 5% da população deveria ser obesa, por exemplo, mas temos muito mais que isso”, observa o endocrinologista Lício Velloso, professor de medicina na Unicamp. Acesso à alimentação de qualida-

de também influencia o surgimento de doenças metabólicas e deve ser incentivado por políticas públicas e profissionais da saúde, especialmente para gestantes, defendem os pesquisadores.

Nem sempre, no entanto, a programação metabólica tem consequências negativas. “Em estudos com roedores, as fêmeas que realizaram exercícios com frequência na gravidez tiveram filhotes que praticavam mais atividade física também”, conta Matté, da UFRGS. “Ou seja, exercitar-se pode deixar uma marca para a vida toda. Nesses casos, seria de uma ‘programação metabólica do bem.’”

Em humanos, os pesquisadores estimam que a programação metabólica pode acontecer até pelo menos o segundo ano de vida. “Os primeiros mil dias de desenvolvimento, que se iniciam na concepção e vão até o segundo ano, são efetivamente o período de maior plasticidade e adaptação metabólica dos órgãos a influências do ambiente externo”, explica a pesquisadora. “Tudo o que acontece nesse período impacta na saúde do indivíduo ao longo de toda a sua vida”, conclui Matté. ■

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



SEM MEDO DA FEBRE MACULOSA

Doença causada por bactéria transmitida por carrapatos pode ser combatida com conhecimento de sua ecologia e diagnóstico clínico eficaz

Maria Guimarães

Há um surto de febre maculosa? “Não, de forma alguma!” Marcelo Labruna, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ-USP), é enfático diante da pergunta da reportagem de *Pesquisa FAPESP*. Em viagem pelo interior paulista com colaboradores britânicos, coletando carrapatos para verificar se diferentes tipos de vegetação são mais ou menos propícios a albergar os invertebrados portadores da bactéria causadora da doença, ele não hesita ao falar sobre o assunto: a epidemia que existe, a seu ver, é de desinformação. “Estudo febre maculosa há 30 anos, uma doença que ninguém sabe que existe. Nem a população em risco nem os médicos”, alerta.

A primeira coisa a se saber é que a febre maculosa tem cura e, apesar da alta letalidade, não mata de um dia para o outro. “Se eu tiver febre súbita depois de estar no campo, sei que tenho dois dias, até três, para começar a tomar antibiótico, sem apavoramento”, diz. Os primeiros sintomas são inespecíficos, como febre e dor de cabeça. As características manchas na pele podem aparecer só duas semanas depois, quando a bactéria *Rickettsia rickettsii* já causou extensos danos aos vasos sanguíneos e o tratamento pode já não ajudar muito. É importante informar ao médico ter passado por onde a doença circula, como regiões com pastos, canaviais ou presença de capivaras. Uma vez medicado a tempo, o paciente se recupera sem problemas.

Tomar antibiótico de modo preventivo não é uma opção, afirma Labruna. A medicação impe-

de a bactéria de se multiplicar, mas só o próprio sistema imunológico da pessoa doente consegue eliminá-la. Por isso, o tratamento só deve ser iniciado depois que as defesas naturais do organismo começaram a se manifestar.

Labruna lembra também a importância de se retirar o carrapato rapidamente. O contato prolongado é necessário para a transmissão eficiente da bactéria, como mostra uma série de vídeos voltada ao público infantil, produzida pela enfermeira Gabriela Bragagnollo, pesquisadora da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da USP. “As pessoas da cidade não percebem a presença do carrapato”, diz Labruna, que afirma logo sentir a picada e retirar o animal quando está no mato. Por isso, apesar de constantemente exposto, ele não tem medo de pegar a doença.

A CULPA É DA CAPIVARA?

Maiores roedores do mundo, as capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) são os principais reservatórios da bactéria em termos de biomassa. E vivem em relativa proximidade com pessoas, por terem uma capacidade de se adaptar ao consumo de uma diversidade de plantas e, assim, darem-se bem em áreas modificadas pela ação humana, como mostrou artigo do grupo de Labruna publicado em fevereiro na revista científica *Journal of Zoology*.

Esses animais, no entanto, não são amplificadores muito eficientes. Um dos motivos é que eles se tornam imunes depois de uma primeira infecção e, depois disso, não permitem em suas células a multiplicação suficiente das bactérias para serem transmitidas para os carrapatos-estrela do gênero *Amblyomma*, que são os vetores responsáveis

O carrapato-estrela se apoia nas plantas, de onde consegue agarrar-se aos animais que passam

por infectar seres humanos, conforme mostrou trabalho coordenado por Labruna publicado em 2020 na revista científica *Ticks and Tick-borne Diseases*. A bactéria só consegue continuar o ciclo de contágio em capivaras se houver jovens ou recém-chegadas, que não foram expostas à doença.

Por isso, mesmo estando associadas a uma boa parte dos contágios com consequências graves em pessoas que se aproximam delas, matar as capivaras não é solução. Labruna explica de forma simples: como roedores, procriam facilmente quando há alimento disponível, o que acontece ao retirar parte de uma população. “E ter jovens no grupo, sem exposição prévia, é exatamente o que a bactéria *Rickettsia* quer”, brinca o pesquisador.

Carrapaticida ainda não é uma opção viável. Os poucos produtos disponíveis são de aplicação difícil em animais silvestres, as capivaras passam boa parte de seu tempo dentro da água, o que significa que o produto ficaria dissolvido na água e não aderido à pelagem dos mamíferos.

Para evitar a recolonização de uma área por capivaras recém-chegadas e suscetíveis à doença em determinada área, a lei proíbe que se mate esses animais em locais que não sejam isolados. O problema é que é muito difícil fazer uma cerca infalível, assim como em áreas grandes é quase impossível eliminar por completo uma população dos roedores. A solução adotada pelo grupo do veterinário é a esterilização com laqueadura e vasectomia, estratégia que vem funcionando em algumas áreas endêmicas para febre maculosa no interior do estado. A estratégia impede a reprodução, mas não elimina os hormônios que impelem os animais a proteger seu território, o

que leva a um isolamento mais eficaz do que uma boa cerca. “Quando reduzimos a natalidade em 80%, em cinco anos a bactéria desaparece da população”, afirma. Em ampla escala, porém, essa estratégia torna-se inviável.

O agrônomo Luciano Verdade, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena) da USP, completa que as capivaras não são as únicas portadoras do carrapato-estrela. Aves e serpentes, por exemplo, também são parasitadas e basta chegarem a uma nova área com um desses invertebrados entre as penas ou escamas para, potencialmente, introduzir o carrapato e suas bactérias, contagiando outros animais. “Se cair uma bomba atômica no estado de São Paulo, as capivaras, os carrapatos e a bactéria *Rickettsia* continuarão existindo”, conclui.

Especialista em estudos ecológicos em paisagens alteradas por ações humanas, Verdade lidou ao longo da carreira com situações nas quais o contato entre pessoas e fauna selvagem leva à transmissão de doenças. A febre maculosa esteve desaparecida do município de Piracicaba, onde fica o Cena, por várias décadas na segunda metade do século XX, e seu grupo foi o primeiro a voltar a detectá-la, em 2001.

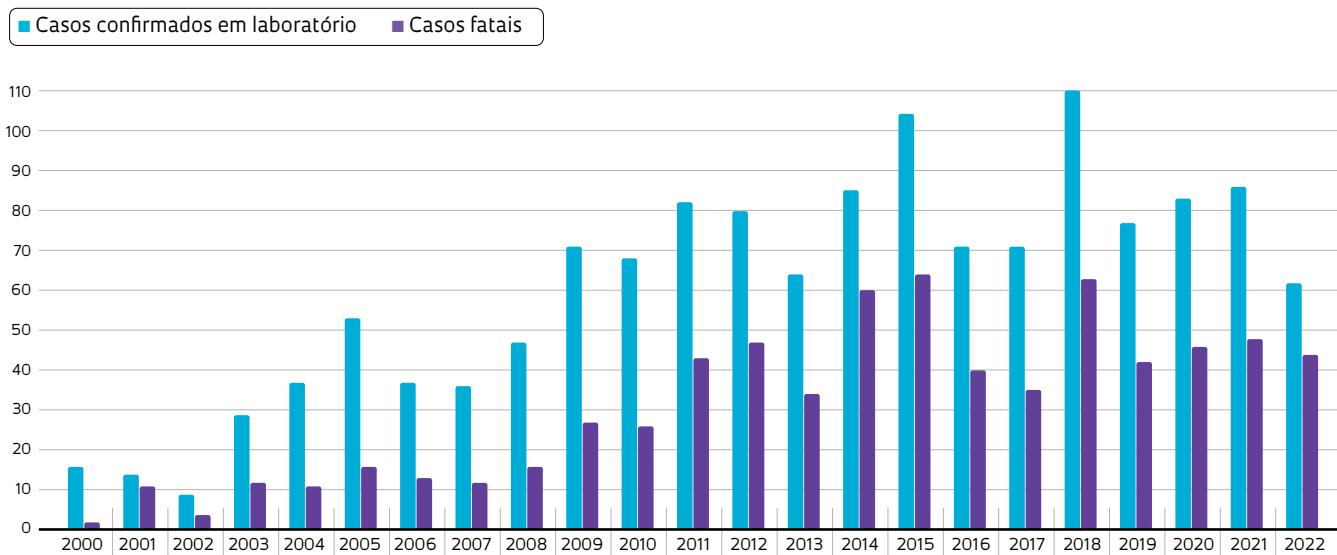
Do ponto de vista epidemiológico, não é possível dizer que as mortes ocorridas em junho na região de Campinas, no interior paulista, em consequência de infecções adquiridas em uma mesma fazenda, além de outros casos noticiados em seguida, estejam fora da norma. “Nos últimos



A população de capivaras que vive na raia de remo da USP, em São Paulo, já foi testada e está livre da febre maculosa

UMA DOENÇA ENDÊMICA

A febre se mantém presente a cada ano, ao longo deste século, sobretudo entre abril e novembro



FONTE SINAN NET - MINISTÉRIO DA SAÚDE

10 anos a prevalência de febre maculosa no estado de São Paulo está razoavelmente constante”, diz Labruna, a partir de dados da Secretaria de Estado da Saúde. Em 2022, cerca de 60 casos foram confirmados por exame sorológico, dos quais três quartos foram fatais. “Em 2018, 11 pessoas morreram por contágio em um pesqueiro”, lembra ele. A concentração de casos costuma se iniciar entre abril e maio e durar até outubro ou novembro, seguindo o ciclo de vida do carrapato transmissor.

Para Verdade, o problema maior da febre maculosa é a falta de diálogo entre as medicinas preventiva e clínica. “É necessário aprimorar a capacidade clínica de detecção da doença”, afirma. “Enquanto se vilaniza as capivaras, outras estratégias são negligenciadas.” Uma boa anamnese e perguntas sobre o contato com carrapatos já faz uma diferença enorme e pode levar a um diagnóstico suficiente para a prescrição de antibiótico, mesmo que não identifique o patógeno específico. É essa a recomendação dos Centros para Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos (CDC). O pesquisador também considera crucial o desenvolvimento de testes rápidos para detectar a bactéria no organismo humano e fazer o diagnóstico.

MEDICINA PREVENTIVA

Uma vacina que evite o contágio é um dos objetivos perseguidos pelo grupo da bióloga Andréa Fogaça, do Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da USP, que tem uma parceria de longo prazo com Labruna. Seu grupo identificou em carrapatos *Amblyomma sculptum* a proteína inibidora da

apoptose (IAP), essencial para que possam se alimentar. Quando a produção da molécula é impedida por intervenções moleculares, eles morrem ao sugar o sangue de coelhos, independentemente de estarem ou não infectados por *Rickettsia*. A causa é a apoptose, morte programada de células, normalmente inibida pela proteína em questão, de acordo com artigo publicado em março, por seu grupo, na revista *Parasites & Vectors*. O achado foi resultado do mestrado da biomédica Marcelly Bastos Nassar, que no doutorado está tentando entender o que na alimentação ativa a apoptose. “Estamos projetando peptídeos da IAP para imunizar coelhos contra o carrapato-estrela, que morreria ao se alimentar, para depois fazer o teste em animais que são hospedeiros naturais da bactéria”, conta Fogaça, que trabalha em conjunto com colegas de especialidades complementares e espera ter resultados em um ano.

A picada do carrapato infectado é a única maneira de as pessoas contraírem a febre maculosa. A pesquisadora explica que esse aracnídeo e a bactéria não precisam da presença humana em seu ciclo de vida. “As fêmeas de carrapatos transmitem para seus filhotes, eles são reservatórios”, diz. “Gambás também, mas as capivaras se destacam por terem mais biomassa e manterem a bactéria por mais tempo na corrente sanguínea.” A bióloga afirma que a vigilância epidemiológica é fundamental: monitorar a presença da bactéria nas capivaras e aparar a grama dos parques para reduzir os esconderijos dos carrapatos. ■

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

Série de vídeos explica a crianças como se proteger da febre maculosa



PATÓGENO EM AÇÃO

Ao infectar o organismo, o vírus mayaro se multiplica e causa inchaço na pele, nos músculos e nas articulações, antes de atingir outros órgãos

Gilberto Stam

Com o auxílio de imagens tridimensionais produzidas pelo acelerador de partículas UVX, localizado em Campinas, interior de São Paulo, pesquisadores brasileiros estão observando em detalhes como o vírus mayaro se instala no organismo e os danos que provoca em diferentes órgãos e tecidos. Isolado pela primeira vez em 1954 na ilha de Trinidad e Tobago, no Caribe, o vírus é transmitido para os primatas – em especial, os macacos – pela picada de mosquitos do gênero *Haemagogus*, comuns em áreas de floresta úmida e transmissores do vírus da febre amarela. O mayaro já foi detectado em ao menos 14 países das Américas Central e do Sul, entre eles o Brasil, e causa nos seres humanos uma doença febril leve, que dura por volta de uma semana. Marcada por dores de cabeça, nos músculos e nas articulações, além do surgimento de manchas vermelhas na pele, a infecção pelo mayaro pode, no entanto, evoluir para uma inflamação prolongada e dolorosa nas articulações, tão incapacitante quanto a provocada por um vírus aparentado, o causador da febre chikungunya.

Em um dos laboratórios do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e

Materiais (CNPEM), onde funcionava o UVX, o grupo liderado pelo biólogo Rafael Elias Marques inoculou pequenas quantidades do vírus em uma das patas traseiras de camundongos e observou o que ocorria durante alguns dias. Os roedores haviam sido geneticamente modificados para serem menos resistentes à infecção viral e, assim, permitir simular a infecção em pessoas que adoecem mais gravemente. Os resultados, publicados em março no *International Journal of Molecular Sciences*, revelaram dois tipos de efeito: um local e outro sistêmico.

Já nos primeiros dias, o vírus provocou um intenso edema na pata, que afetou tanto a pele quanto os músculos, ligamentos e articulações. “O volume aumentou gradualmente, mas sofreu um incremento mais marcante a partir do terceiro dia, quando a pata estava 50% maior do que as de animais não infectados”, conta a bióloga Ana Carolina de Carvalho, que faz doutorado sob a orientação de Elias Marques. Os pesquisadores atribuem o inchaço à inflamação gerada pela replicação do mayaro, que atrai células de defesa para o local em que o vírus se reproduz.

Calcular como avançou o volume do edema, segundo Carvalho, só foi possível com o uso de potentes raios X emitidos pelo UVX, a primeira fonte de luz sín-



Pata de camundongo saudável e com edema causado pelo mayaro (abaixo), vistas em imagens de microtomografia geradas pelo UVX



crotron do hemisfério Sul. A luz gerada por esse equipamento permite visualizar estruturas com poucos micrômetros (milésimos de milímetro) de tamanho, resolução semelhante à dos mais potentes microscópios ópticos, mas com diferenças importantes. Essa forma de radiação atravessa a pele e permite gerar imagens tridimensionais de tecidos moles, sem destruir a amostra. “Conseguimos criar um filme dessas estruturas em 3D e em alta resolução”, relata a pesquisadora. O UVX foi desativado em 2018 e substituído pelo Sirius, uma das mais modernas fontes de luz síncrotron em atividade (ver Pesquisa FAPESP nº 269).

À medida que se multiplicava nos tecidos da pata, o mayaro também se espa-

lhava rapidamente pelo corpo. Análises de células e tecidos mostraram que, no mesmo dia da infecção, já havia quantidades elevadas de vírus no baço e no fígado. O agente infeccioso levou pelo menos mais um dia para chegar ao cérebro dos animais, de acordo com o estudo, do qual participaram pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), da Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto (Famerp) e de instituições na Alemanha e na Bélgica. No quarto dia do experimento, todos os animais infectados haviam morrido.

“O trabalho foi muito bem-feito”, afirma o virologista Pedro Vasconcelos, pesquisador da Universidade do Estado do Pará (Uepa) e do Instituto Evandro Cha-

gas, centro no qual o mayaro foi identificado no Brasil, em 1954. “As imagens mostram com riqueza de detalhes o efeito do vírus, indicando onde ele se aloja e o que causa nas articulações”, conta o pesquisador, que não participou do estudo atual. Vasconcelos ressalta, no entanto, que a infecção se disseminou mais rapidamente nos animais do que o que se observa em seres humanos, uma vez que os roedores eram geneticamente alterados para ter um sistema de defesa menos eficiente.

A equipe do CNPEM planeja agora usar as linhas de luz do Sirius para observar como o vírus infecta as células. “Num futuro próximo, queremos usar técnicas bioquímicas para marcar as moléculas envolvidas na infecção e, com a nova fonte de luz síncrotron, observar o vírus entrando nas células e se espalhando pelo corpo em tempo real”, conta Carvalho. Usando uma técnica de microscopia capaz de identificar a estrutura de biomoléculas com resolução próxima da escala atômica (criomicroscopia eletrônica), o grupo de Elias Marques já havia elucidado a estrutura do mayaro em 2021 e publicado o resultado na *Nature Communications*.

Desde que foi identificado pela primeira vez no Brasil, em Belém, o vírus já provocou ao menos cinco surtos em seres humanos em países cobertos pela floresta amazônica, com cerca de 1,4 mil casos suspeitos e um pouco mais de uma centena confirmados, sem relato de mortes. Também já foi detectado no estado de São Paulo e, em março deste ano, no Paraná, levado por pessoas que haviam se infectado em áreas de risco. Especialistas em vírus transmitidos por insetos (arbovírus) temem que o mayaro possa se adaptar ao mosquito *Aedes aegypti*, transmissor do vírus da dengue, e chegar aos centros urbanos. Segundo Vasconcelos, testes realizados em laboratório já mostraram que o vírus é capaz de infectar *A. aegypti*, algo que ainda não se observou ocorrer espontaneamente em ambientes naturais. Não há vacina aprovada contra o mayaro nem tratamento para a infecção causada por ele, que costuma ser confundida com a chikungunya. ■

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

À ESPERA DE UM TSUNAMI

Diretora de agência do câncer da OMS, epidemiologista brasileira alerta para o aumento de casos esperado para as próximas décadas

Ricardo Zorzetto

O mundo deve testemunhar um aumento expressivo de novos casos de câncer e de mortes pela doença até o fim da próxima década. As projeções mais recentes da Agência Internacional para Pesquisa sobre o Câncer da Organização Mundial da Saúde (Iarc/OMS), responsável por investigar as causas desse conjunto de doenças e por produzir as estatísticas internacionais, sugerem que o total de novos casos por ano subirá 56%, saltando dos 19 milhões registrados em 2020 para 30 milhões em 2040. As mortes devem passar de 10 milhões para 16,3 milhões. No Brasil, espera-se um aumento de quase 70% nos casos e de 80% nas mortes. “Nenhuma nação está preparada para lidar com o tsunami de casos de câncer nas próximas décadas”, afirmou a epidemiologista brasileira Elisabete Weiderpass, a *Pesquisa FAPESP*.

Primeira mulher a dirigir a Iarc, Weiderpass nasceu em Santo André, na Região Metropolitana de São Paulo, e escolheu cursar medicina na Universidade Federal de Pelotas (UFPeL), atraída pelas ideias do médico sanitário brasileiro Kurt Kloetzel (1923-2007), criador do Departamento de Medicina Social na instituição gaúcha. Após um estágio na Iarc, Weiderpass seguiu para o doutorado no Instituto Karolinska, na Suécia, onde se tornaria professora titular. Em 2019, foi eleita diretora da agência de câncer da OMS, cargo para o qual foi reconduzida em maio para um mandato de mais cinco anos. À frente da Iarc, ela pretende aumentar o intercâmbio científico com pesquisadores de instituições brasileiras.

Aos 57 anos e casada com o toxicologista finlandês Harri Vainio, Weiderpass possui uma produção científica vasta e espera contribuir para tornar universal o acesso à detecção precoce e ao tratamento básico do câncer. Em 17 de julho, ela participou de um evento no Instituto do Câncer do Estado de São Paulo (Icesp) e conversou com *Pesquisa FAPESP* sobre o aumento esperado nos casos e a possibilidade de prevenir uma grande proporção deles reduzindo a exposição a fatores de risco como o tabaco e o álcool.



Segundo as projeções mais recentes da Iarc, os casos novos de câncer no mundo devem subir de 19 milhões em 2020 para 30 milhões em 2040. O que explica o aumento?

Sobretudo o crescimento da população mundial em números absolutos, mas também o envelhecimento. De modo geral, as pessoas que nascem a cada ano têm uma expectativa de vida em média dois meses maior do que as nascidas no ano anterior. Em 10 ou 20 anos essa taxa de envelhecimento se torna importante. O câncer, em princípio, é uma doença do idoso. A idade média de diagnóstico é de 66 anos. Em muitos países, só agora a expectativa de vida da população está chegando a es-



sa faixa. Esses países estão vendo um aumento substancial nos casos de câncer. A incidência [número de casos novos] anual também sofre influência da exposição aos fatores de risco, que variam de uma região para outra. O mais importante é o tabagismo. O consumo de tabaco em suas diferentes formas é diretamente responsável por cerca de 20% dos casos de câncer no mundo e continua a aumentar em algumas regiões, em particular entre as mulheres.

O crescimento não será homogêneo. Como fica o Brasil?

O aumento ou a diminuição de incidência e mortalidade é diferente em cada região do mundo, assim como os tipos de cân-

cer mais frequentes variam de uma para outra, por causa do padrão de exposição a fatores de risco. No Brasil, espera-se até o final da próxima década um aumento de quase 70% no número de casos por ano, que devem passar de 592 mil em 2020 para quase 1 milhão em 2040. A mortalidade deve crescer 80%, de 260 mil para 470 mil. Nos países mais pobres, o aumento chegará a 400%. Nenhuma nação está preparada para lidar com o tsunami de pacientes que deve surgir.

Hoje o câncer é a segunda causa de mortes no mundo, com 10 milhões de óbitos em 2021. Ele será o principal assassino da humanidade?

Será a primeira causa de morte em todos os países até o final do século, em especial de mortes precoces, aquelas que ocorrem antes dos 70 anos e, em princípio, seriam evitáveis. Em ao menos 55 países o câncer já é a causa número 1 dessas mortes prematuras. A mortalidade por câncer deve fazer a expectativa de vida das populações estagnar no mundo todo.

As projeções do World Cancer Report de 2020 indicam que em algumas décadas 75% das mortes por câncer deverão ocorrer nos países de média e baixa renda. Quais as razões?

Hoje a Ásia concentra metade dos casos de câncer do mundo e 58% das mortes.

Na Europa, ocorrem 23% dos casos e 19% das mortes; nos Estados Unidos, 21% dos casos e 14% das mortes; na América Latina e Caribe, 8% e 7%; e na África 6% e 7%. Há uma diferença clara entre incidência e mortalidade. A incidência depende do tamanho, da idade e da expectativa de vida da população. Já a mortalidade é explicada pelo tipo de sistema de saúde disponível e pela etiologia dos cânceres. Na África e na Ásia, a maioria dos cânceres ainda decorre de doenças infecciosas e é muito agressiva. Na Índia, por exemplo, há muito câncer de boca associado ao tabaco. As pessoas colocam folhas de fumo na boca e passam o dia mascando. É um hábito que começa na infância e dura décadas. Quando o câncer é diagnosticado, está tão avançado que não há como curar.

Existe uma influência cultural na exposição aos fatores de risco?

O fator cultural existe, mas é secundário à implementação de leis e à educação da população para prevenir o câncer. O que influencia a adoção de estilos de vida cancerígenos associados ao tabaco e ao álcool são a existência de uma legislação e sua implementação efetiva, além da taxação dos produtos. A porcentagem de fumantes no mundo aumenta ou diminui de acordo com a implementação das leis e o controle desses produtos. O único tratado internacional negociado pela OMS é a Convenção Quadro para o Controle do Tabaco, de 2003, da qual o Brasil é signatário. Ela traz várias recomendações para proteger as populações das consequências do consumo e da exposição ao fumo. Mas os países não as seguem como deveriam.

Como avalia as medidas adotadas no Brasil contra o tabagismo?

O país está dando passos importantes na prevenção do fumo, mas nem todas as recomendações da Convenção Quadro foram implementadas. O preço do cigarro ainda é relativamente baixo. Existe margem para aumentá-lo por meio de taxação e limitar mais o acesso. Também se pode restringir os pontos e os horários de venda e promover alterações nos pacotes, como suprimir a exibição das marcas. A Austrália e o Canadá estão implementando a convenção de forma mais efetiva e já colocam em cada cigarro a inscrição “o cigarro mata”. Nesses

países, os pacotes já são brancos. Apesar das medidas tomadas no Brasil, a incidência de câncer de pulmão ainda está aumentando. O que foi feito é importante, mas há um longo caminho a percorrer.

E o álcool?

Esse é um fator de risco importante para o câncer, mas a população geral e parte dos profissionais da saúde desconhecem esse efeito. Fizemos um estudo na França, replicado no Brasil. O trabalho mostra que, lá, 40% de todos os cânceres podem ser prevenidos por medidas que conhecemos e são implementáveis, desde que haja vontade política de diminuir drasticamente o problema. Eliminar o consumo do tabaco evitaria 20% dos casos de câncer lá. O segundo fator de risco mais importante foi o álcool, responsável por 8% dos casos. São porcentagens não negligenciáveis, mas os profissionais da saúde ainda não têm consciência de que o álcool causa tumores de esôfago, fígado e mama, além do câncer colorretal, da cavidade oral e de faringe. Até recentemente a comunidade médica dizia que o álcool trazia benefícios cardiovasculares. As pesquisas mais atuais contradizem essa ideia [ver Pesquisa FAPESP nº 327].

Como está o Brasil com respeito à regulação da venda e do consumo de álcool?



Fizemos um estudo na França e mostramos que 40% de todos os cânceres podem ser prevenidos por medidas que conhecemos e são implementáveis

Não conheço os detalhes. O que se vê é que o álcool é vendido em todo lugar, praticamente sem restrição, e o controle etário não é rigorosamente implementado. Além disso, o consumo é aceito em todos os grupos sociais. Há um caminho longo para conscientizar a classe médica dos riscos ligados a esse consumo, em particular em pessoas jovens.

Alguns dados da OMS indicavam que de 30% a 40% dos casos de câncer poderiam ser evitados. Para quais tipos de câncer a prevenção funciona mais?

Esse número está mais para 40%, 50%, dependendo do país. Um artigo publicado em 2018 mostra a porcentagem que se pode prevenir de cada tipo de câncer. Para o de colo do útero, por exemplo, é de quase 100%. Para câncer de pulmão, mais de 90%. Para outros é mais baixo.

Como convencer os tomadores de decisão de que é melhor prevenir?

Ações de curto, médio e longo prazos podem ser implementadas. Uma é a alfabetização em saúde. Se você perguntar para as pessoas o que causa câncer, elas não sabem responder. A maioria vai falar que o cigarro, mas para aí. Existem 12 tipos de exposição que ocorrem no dia a dia e podem causar câncer. Fumar, consumir álcool, ter dieta pobre em frutas, vegetais e fibras, expor-se à luz solar intensa, entre outras ações. É fundamental ensinar as pessoas desde cedo. Quando são suficientemente informadas sobre os riscos e têm condições de se proteger, elas adaptam até certo ponto a exposição aos riscos. Em nível governamental, podem-se adotar medidas custo-efetivas, como o controle de tabagismo e do consumo de álcool, além da vacinação contra o vírus HPV.

Isso gera conflito com a indústria.

Um conflito perene e sangrento. A Iarc é atacada cotidianamente pela indústria de pesticidas, herbicidas e de alimentos ultraprocessados. Desde meados de julho, também pela indústria de refrigerantes. As táticas para desmoralizar a ciência são conhecidas. Quando os estudos começaram a mostrar que o tabagismo matava, a indústria do fumo passou a disseminar dúvidas. Dizia que os estudos não eram bons ou não eram suficientes ou que havia controvérsia científica. Outra tática é contratar cientistas para produzir estu-

dos negando os trabalhos que mostram o risco do câncer. A indústria também infiltra indivíduos em universidades, ministérios e nas instâncias que definem as leis. As mesmas táticas foram usadas pela indústria de percloratos [compostos que revestem produtos antiaderentes], de embutidos e do álcool. No momento, está sendo usado pela indústria de refrigerantes porque publicamos em 14 de julho na *Lancet Oncology* uma análise indicando que o aspartame, um adoçante sintético usado nessas bebidas, é possivelmente carcinogênico.

A Iarc já classificou mais de mil fatores quanto ao risco de causar câncer. Quais os mais perigosos?

O tabaco é o número 1. Ainda no grupo 1, dos fatores sobre os quais há evidências suficientes de que causam câncer, estão a radiação solar, o consumo de bebidas alcoólicas e de carnes processadas e a exposição a benzeno, radiação ionizante, poluição atmosférica e asbestos. No grupo 2a, dos que potencialmente causam câncer, entram o consumo de alimentos fritos a altas temperaturas e de carne vermelha, a exposição ao glifosato, ao DDT, entre outros. O aspartame entra no grupo 2b, dos que possivelmente causam câncer, ao lado da exposição aos vapores de gasolina, a emissões eletromagnéticas na faixa das radiofrequências. A lista completa está no site iacr.who.int.

Um estudo seu de 2022 indica que a frequência de câncer em pessoas com menos de 50 anos está aumentando. Por quê?

Observamos esse fenômeno em vários países, principalmente em relação ao câncer colorretal. Uma das hipóteses é que seja consequência da obesidade e dos padrões alimentares.

Como a desigualdade de renda influencia a incidência e o desfecho do câncer?

O nível socioeconômico é fator primordial para definir a incidência e a mortalidade. Em um trabalho publicado em 2022 na *Lancet Regional Health*, mostramos que a incidência do câncer de colo do útero varia pouco entre as mulheres com nível socioeconômico médio e alto na União Europeia. Entre as de baixa renda, a variação é imensa. É um padrão que ocorre no mundo todo: nas áreas mais pobres a incidência e a mortalidade são maiores.



Novos tratamentos criam esperança para alguns tipos de câncer, mas ainda são experimentais e não estão disponíveis para a população

O que explica esse padrão?

Os suspeitos óbvios. Maior exposição a fatores de risco, como o consumo de tabaco e álcool, dieta inadequada, obesidade, falta de atividade física, exposição ocupacional, poluição atmosférica. Outras razões são a menor disponibilidade de rastreamento precoce de vários tipos de tumor, o acesso tardio ao sistema de saúde e a menor adesão ao tratamento. Isso se repete no mundo todo.

Como resolver?

Com políticas de saúde que levem em conta as desigualdades sociais. As pessoas mais pobres têm menos acesso à formação, entendem menos o que é carcinogênico. Também têm mais dificuldade de identificar os sintomas e procurar o serviço de saúde. Mesmo com o acesso universal à saúde no Brasil, garantido pelo Sistema Único de Saúde, o SUS, essa diferença em incidência e mortalidade continua a existir. Não é um problema exclusivo do país. É preciso adaptar a atenção em saúde às necessidades das populações menos favorecidas.

Qual sua avaliação sobre os avanços na detecção e no tratamento do câncer das últimas décadas?

Houve uma melhora. Por isso, a gente vê uma redução na incidência e na mortalidade em muitos países. Isso decorre principalmente de avanços na prevenção, que

é o que dá mais resultado, mas também no diagnóstico precoce e na melhoria de acesso a tratamentos efetivos. O rastreamento gera bons resultados para os cânceres de colo uterino, mama e algumas formas de leucemia. O sucesso ainda é limitado para os tumores de pulmão, pâncreas, esôfago, estômago e cérebro. Na maioria das vezes, a detecção ocorre tardiamente, quando já há metástase.

Como avalia os tratamentos mais novos?

São promissores. Criam esperança para alguns tipos de câncer. O mais interessante é o melanoma, o mais agressivo dos cânceres de pele. As chamadas terapias-alvo aumentaram a sobrevida para grande parte dos pacientes. Mas elas ainda são experimentais e não estão disponíveis para toda a população. Não veremos um impacto imediato na mortalidade.

Em 2022, entrevistamos o oncologista Chi Van Dang, diretor-científico do Instituto Ludwig de Pesquisa sobre o Câncer, em Nova York, que se mostrou otimista e disse vislumbrar um futuro livre de câncer. Qual a sua visão a respeito?

Fico contente em saber que ele tem uma visão tão otimista. A minha é temperada pela realidade dos países que visito. O caminho a ser percorrido é longo e o desafio imenso. Nem falo de terapias avançadas, mas de detecção precoce e acesso ao tratamento de base. A radioterapia e a quimioterapia de base ainda não existem em muitos países. Em vários deles, não há patologistas. Meu sonho é que todas as pessoas tenham acesso ao rastreamento, à detecção precoce e ao tratamento básico como direito humano mínimo. Mais do que desenvolver terapias de ponta, o desafio é organizar os sistemas de saúde para atender ao crescimento e ao envelhecimento da população.

Quais as prioridades para a pesquisa em câncer?

Hoje a maioria dos recursos na oncologia vão para a pesquisa de terapias avançadas. É importante, mas é improvável que reduza a mortalidade. As terapias novas, em geral, prolongam a vida por dias ou semanas. Se tivesse uma varinha mágica, eu colocaria uma proporção substancial na prevenção, que salva um número maior de vidas, e investiria em pesquisas para implementar as possibilidades de prevenção que se conhecem hoje. ■

UMA POTENCIAL VACINA CONTRA A COCAÍNA

Avançam os estudos para desenvolver um imunizante capaz de tratar dependentes da droga

Suzel Tunes



A dependência do uso de cocaína e seus derivados, como o crack, é um problema de saúde pública de dimensões globais para o qual a medicina ainda busca um tratamento efetivo. Um grupo de pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) aposta na imunologia para encontrar essa solução.

A equipe está desenvolvendo uma vacina contra a droga e busca financiamento para viabilizar a realização dos primeiros testes em seres humanos. Os ensaios iniciais em animais revelaram que o potencial imunizante conseguiu estimular a produção de anticorpos contra a molécula da cocaína, mas ainda não há evidências científicas de que realmente reduza a dependência da droga. Essa hipótese será verificada em novos testes com animais, que deverão ocorrer antes da fase de ensaios clínicos, com voluntários humanos, ainda sem previsão de data para a realização.

“Nos ensaios com roedores e primatas não humanos – saguis da espécie *Callithrix penicillata* –, nossa vacina, denominada Calixcoca, não provocou efeitos colaterais significativos, apenas uma reação leve no local da injeção, sem comprometer a saúde geral dos animais”, afirma o médico psiquiatra Frederico Duarte Garcia, professor do Departamento de Saúde Mental da Faculdade de Medicina da UFMG e líder do estudo.

O nome Calixcoca, diz o pesquisador, é inspirado na estrutura química que compõe o imunizante, do tipo calixareno, que tem formato semelhante a um cálice e serve como carreador do antígeno, um hapteno análogo de cocaína – carreadores são substâncias de peso molecular maior, capazes de provocar uma resposta imunológica.

O farmacêutico Paulo Sérgio de Almeida Augusto, que integra o grupo da UFMG, explica que haptenos são moléculas que, por conta do tamanho reduzido, não são reconhecidas como invasoras pelo sistema imunológico, necessitando ser combinadas a uma macromolécula carreadora para induzir uma resposta imune do organismo. É o que acontece com a cocaína. “A cocaína é uma molécula estranha ao organismo humano, mas geralmente não possui o peso molecular e a complexidade química necessários para induzir uma resposta imunológica considerável”, diz Augusto. “A resposta até pode ser induzida quando a pessoa utiliza altas doses da droga e com elevada frequência, mas isso não ocorre com todo indivíduo.”

Para criar o novo imunizante, os pesquisadores desenvolveram um hapteno a partir de uma molécula de cocaína, modificada para se ligar ao carreador. Conjugado ao calixareno, ele ganha maior peso molecular e é, então, capaz de provocar uma resposta imunológica. A ideia é que

se a pessoa vacinada voltar a consumir cocaína ou crack, os anticorpos liguem-se às moléculas da droga na corrente sanguínea, impedindo, ou ao menos reduzindo, sua passagem pela barreira hematoencefálica. Essa estrutura reveste os vasos sanguíneos que irrigam o sistema nervoso central e funciona como uma espécie de filtro, controlando o transporte de substâncias que chegam ao cérebro.

Estudo conduzido pelo grupo mineiro com a molécula sintetizada pela UFMG demonstrou por meio de um ensaio de radioatividade que a vacina reduz a passagem da droga pela barreira hematoencefálica em animais. “Os animais imunizados foram tratados com um radiofármaco de estrutura e mecanismo de ação semelhante ao da cocaína. Por meio de cintilografia, detectamos menor concentração desse composto no cérebro dos imunizados e maior concentração no sangue em relação aos animais que receberam apenas placebo”, informa Augusto. Os resultados do trabalho foram publicados recentemente no *Journal of Advanced Research*.

A hipótese dos pesquisadores mineiros é de que, uma vez que a vacina impeça que as moléculas da cocaína atravessem a barreira hematoencefálica e cheguem ao cérebro, a pessoa não sentirá os mesmos efeitos prazerosos que, antes, acionavam o circuito de recompensa cerebral, provocando a compulsão. Essa teoria, contudo, ainda precisa ser comprovada na fase de exames clínicos. “Sem a compulsão, o paciente ganha tempo para retomar a vida familiar, profissional e os outros prazeres e interesses que foram substituídos pela droga”, explica Garcia.

HISTÓRICO DESAFIADOR

A nova abordagem terapêutica é vista com contida esperança por especialistas em dependência química. “A medicina ainda não dispõe de um fármaco aprovado para o enfrentamento dessa doença. O tratamento atual se limita ao manejo dos sinais e sintomas da síndrome de abstinência e dos transtornos associados, juntamente com terapias comportamentais”, explica o farmacêutico bioquímico Fábio Cardoso Cruz, professor do Departamento de Farmacologia da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), que não participou do estudo da UFMG.

Cruz pesquisa o mecanismo neurobiológico da recaída ao uso de cocaína e crack, em projeto apoiado pela FAPESP. Ele busca entender por que cerca de 70% a 80% dos indivíduos recaem durante o tratamento. “Esses dados ressaltam a urgência do desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas. Nesse contexto, as vacinas têm sido apontadas como uma nova e promissora abordagem farmacológica”, comenta o pesquisador.

A Calixcoca, contudo, não é a primeira formulação terapêutica baseada na imunologia para combater a dependência química. “O potencial terapêutico das vacinas contra drogas foi demonstrado pela primeira vez em meados dos anos 1970, quando um conjugado de morfina-albumina sérica bovina foi capaz de reduzir levemente a autoadministração de heroína em um macaco rhesus. Na década de 1990 surgiram os primeiros relatos sobre tentativas de desenvolvimento de vacinas contra cocaína e nicotina”, afirma Cruz. O experimento com o macaco rhesus foi relatado na revista *Molecular Psychiatry*, em 1974.

A despeito de resultados promissores em estudos pré-clínicos e alguns ensaios clínicos iniciais, até agora não existe nenhuma vacina antidroga registrada no mundo. “Ainda há desafios a serem superados. Nem todos os indivíduos respon-

dem da mesma maneira às vacinas e alguns não produzem níveis suficientes de anticorpos para alcançar a eficácia clínica desejada”, explica o pesquisador da Unifesp.

“Em geral as vacinas são eficientes em modelo animal. Mas quando vão para a fase de ensaios clínicos não têm bons resultados”, confirma a imunologista Denise Moraes da Fonseca, do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP). Em março, ela fez parte de um curso promovido pelo ICB sobre tratamento farmacológico da dependência. Para preparar as aulas, resolveu pesquisar revisões de literatura a respeito de vacinas, e o resultado foi frustrante. “Uma revisão de 2022 levantou 23 ensaios clínicos já concluídos sobre vacinas antidrogas, dos quais seis voltados ao tratamento da cocaína – a maioria era contra nicotina”, conta. “Todos falharam.”

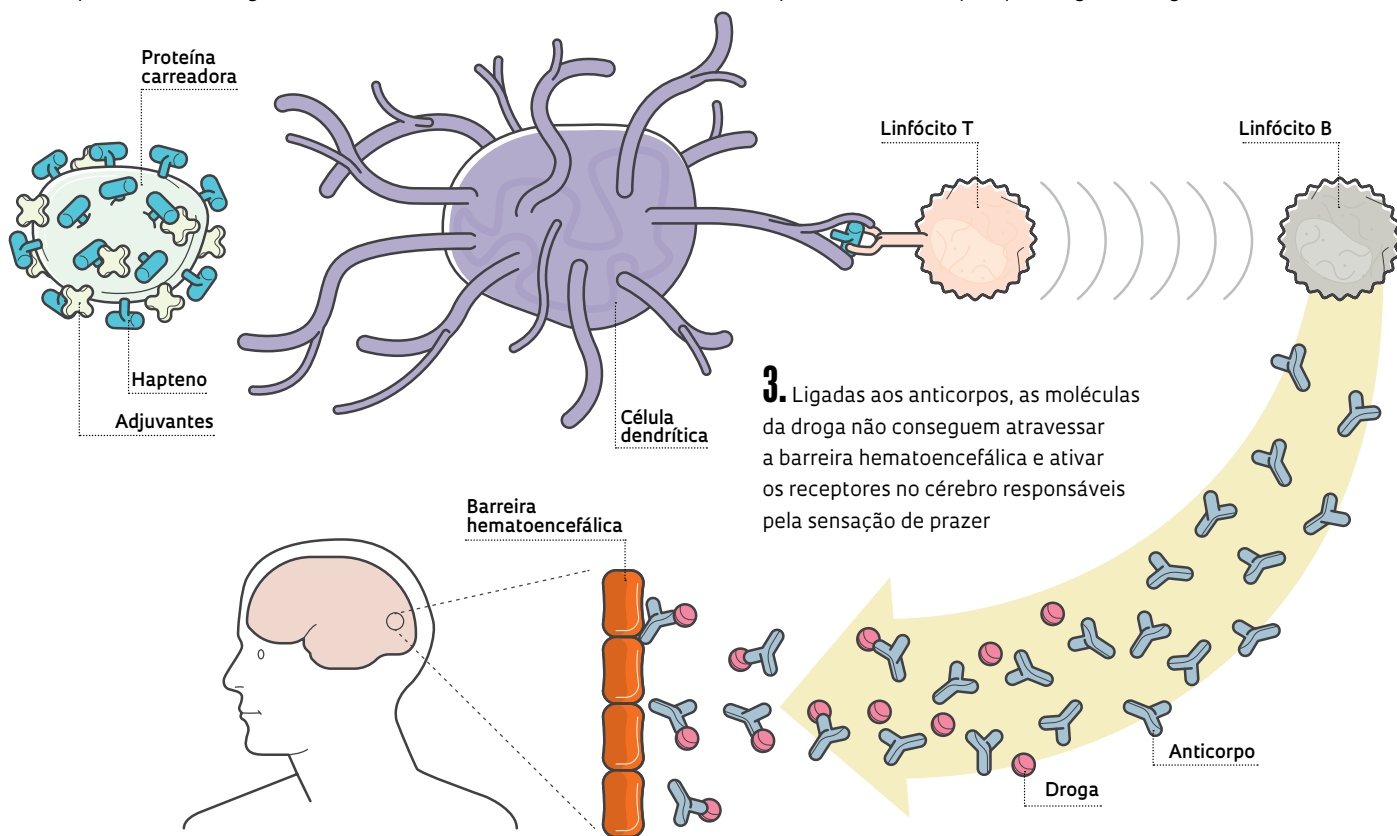
COMO FUNCIONA O IMUNIZANTE

As vacinas antidrogas compõem-se, em geral, de uma molécula formada pela droga modificada, o hapteno, conjugada a um carreador

1. Ao composto formado por hapteno e carreador, substância de peso molecular maior capaz de provocar uma resposta imunológica, são acrescentados adjuvantes, que potencializam a resposta imune do organismo

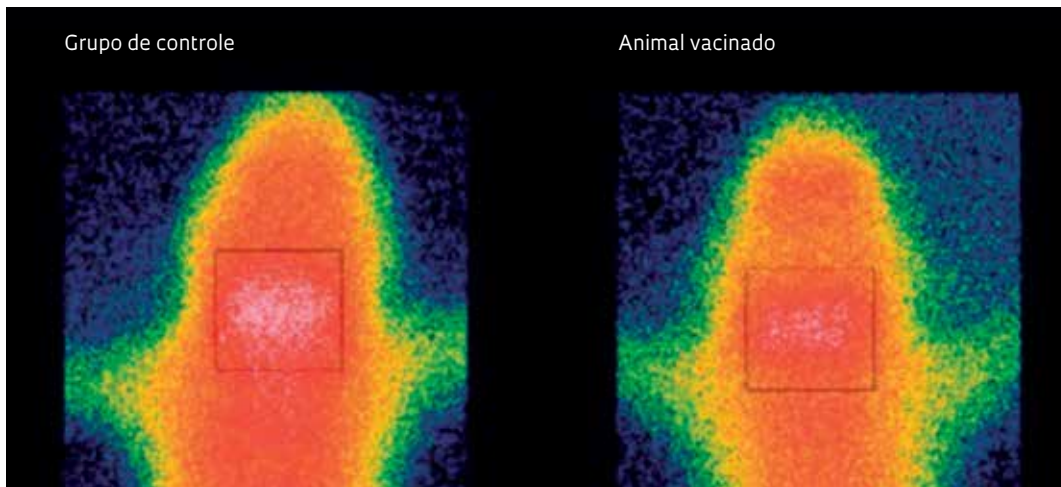
2. Na corrente sanguínea, células imunológicas dendríticas capturam os antígenos e os apresentam aos linfócitos T auxiliares. Estes, por sua vez, estimulam os linfócitos B a produzirem anticorpos que se ligam à droga

3. Ligadas aos anticorpos, as moléculas da droga não conseguem atravessar a barreira hematoencefálica e ativar os receptores no cérebro responsáveis pela sensação de prazer



FONTE UFMG

Imagens de cintilografia mostram menor concentração de um radiofármaco de estrutura e ação semelhante ao da cocaína no cérebro de roedores imunizados com a vacina mineira (pontos rosa no centro da imagem) do que no grupo de controle



Algumas vacinas, ressalta a imunologista, não produziram anticorpos em número suficiente ou a resposta imune caiu muito rapidamente. As razões para esses resultados ainda não estão claras, mas podem se relacionar à variabilidade genética dos indivíduos testados, algo que não existe quando se usa modelo animal. “Em geral as pesquisas usam camundongos isogênicos, ou seja, geneticamente uniformes”, informa Fonseca.

Outra possível explicação pode estar no próprio comportamento do voluntário submetido à vacina. “Em alguns testes que falharam, o dependente usou doses maiores da droga até conseguir obter o efeito desejado”, diz a pesquisadora.

Os pesquisadores da UFMG reconhecem que, teoricamente, existe o risco do consumo de maior dosagem na tentativa de reativar o circuito de recompensa cerebral. Segundo Augusto, essa questão será estudada posteriormente, com modelos experimentais que permitirão estimar a quantidade de droga que a vacina é capaz de bloquear. “Na prática, o que pretendemos é criar obstáculos ao mecanismo de compulsão. A partir de certa medida, o aumento do consumo elevaria muito o custo para o usuário, o que poderia trazer uma limitação financeira”, considera Garcia.

O grupo mineiro confia, sobretudo, na maior eficácia da Calixcoca quando comparada a projetos anteriores. Essa confiança está amparada na constituição química da formulação. “A diferença da nossa proposta é que a vacina não tem nenhuma base proteica. O calixareno é uma substância orgânica sintética”, resume o professor do Departamento de Química da UFMG Ângelo de Fátima, que desenvolveu a plataforma imunogênica da vacina.

Os projetos anteriores de vacinas antidrogas utilizavam como carreadores proteínas que já haviam sido empregadas em outras formulações de vacinas utilizadas pela população, o que gerava certo nível de sensibilização. “O organismo reagia contra as proteínas também, e não apenas contra a droga. Nossa vacina induz uma resposta

melhor porque é uma molécula completamente nova para o organismo”, afirma Garcia.

Outra vantagem da nova formulação, segundo seus desenvolvedores, estaria no processo produtivo. “O calixareno é uma substância mais estável e não exige cadeia fria para produção e armazenamento. O processo seria mais barato”, diz o químico da UFMG. Cadeia fria é a logística de manuseio, armazenamento, distribuição e transporte em temperatura controlada de medicamentos termolábeis (sensíveis à ação da temperatura).

Mesmo que a Calixcoca demonstre, nos estudos clínicos futuros, ser eficaz no papel de criar anticorpos contra a cocaína em humanos, precisará ser acompanhada de outros suportes terapêuticos. É o que adverte Cruz, com base em suas pesquisas sobre os mecanismos biológicos da dependência. Ele explica que existe uma memória associativa relacionada à droga, que pode ser disparada por diferentes gatilhos, como situações de estresse ou exposição do indivíduo a ambientes e contextos associados ao consumo.

Quando uma pessoa faz uso crônico de determinada substância, explica o pesquisador, seu cérebro associa o efeito da droga com o local onde o indivíduo costuma consumi-la, os objetos que utiliza, as pessoas em volta e, até mesmo, roupas que normalmente usa na ocasião. A simples exposição a esses elementos pode despertar o desejo incontrolável pela substância. “As vacinas podem ser utilizadas como parte de uma abordagem integrada de tratamento, combinando terapia comportamental, suporte psicossocial e outras intervenções, a fim de auxiliar as pessoas a superar a dependência”, considera Cruz.

“É fundamental pensar o emprego de uma vacina antidrogas junto com políticas públicas”, acrescenta Fonseca, do ICB-USP. Ela avalia que

existem diversas questões éticas envolvidas no emprego do recurso. “Vamos utilizá-las como vacinas terapêuticas ou profiláticas? Seriam escolhidos grupos de risco para serem vacinados?”, questiona. Uma possibilidade de uso do novo fármaco, considera a imunologista, seria a proteção materno-fetal contra os males causados pela exposição pré-natal à droga. Essa é outra vertente do trabalho da UFMG, tema da tese de doutorado em medicina molecular do farmacêutico Paulo Augusto, defendida em 2020.

O pesquisador lembra que a exposição à cocaína durante a gestação traz riscos não apenas às mães, que podem sofrer aborto espontâneo e complicações no parto, mas também aos fetos e bebês, com repercussões para a vida da criança. Prematuridade, baixo peso, danos ao desenvolvimento neurobiológico, malformações e maior risco de surgimento de transtornos psiquiátricos na adolescência são alguns dos efeitos deletérios relacionados ao consumo de cocaína durante a gestação. “A melhor abordagem para prevenir a exposição pré-natal à cocaína é interromper o consumo. No entanto, apenas 25% das usuárias conseguem parar durante a gravidez”, informa Augusto.

A pesquisa de doutorado do farmacêutico foi uma prova de conceito para a utilização da vacina anticocaína durante a gestação, a partir de testes com ratas grávidas. Publicado na revista *Molecular Psychiatry*, em 2021, foi o primeiro estudo a relatar a eficácia de um imunizante do gênero durante a gravidez. O projeto correu em paralelo

ao desenvolvimento da Calixcoca e, por isso, o pesquisador resolveu utilizar uma vacina criada pelo norte-americano Kim Janda, denominada GNE-KLH. Fruto de estudos realizados desde a década de 1990, ela obteve bons resultados nos exames pré-clínicos, mas não apresentou os efeitos esperados nos ensaios clínicos.

Nos testes com animais, os resultados foram positivos. “Comparadas às mães tratadas com placebo, as vacinadas durante a gestação apresentaram ganho de peso gestacional mais elevado e maior tamanho da ninhada”, relata o pesquisador. “Foram encontrados anticorpos anticocaína nos fetos, nos recém-nascidos e também no leite materno.”

Ele conta que esses anticorpos foram capazes de atenuar a agitação e o efeito hiperlocomotor induzido pela cocaína nos filhotes recém-desmamados. Para comprovar essa hipótese, os roedores recebiam doses de cocaína e, depois, eram colocados dentro de caixas e observados. “O comportamento primário do filhote é ficar escondido em um canto da caixa. Sob a ação da cocaína, eles ficavam mais desinibidos, movendo-se por toda a área da caixa. Mas aqueles que receberam anticorpos mantinham o comportamento normal.” A equipe mineira planeja fazer o mesmo experimento com a Calixcoca.

Para o bioquímico Cruz, é fundamental que a ciência busque a compreensão dos mecanismos de dependência e identifique potenciais de tratamento. “A dependência ainda não foi tratada com o respeito que merece. Não se trata de falha de caráter ou falta de vontade, é uma doença para a vida toda.”

Para viabilizar a realização dos ensaios clínicos, os pesquisadores do grupo mineiro têm conversado com possíveis financiadores. Em junho, a prefeitura de São Paulo anunciou investimento de R\$ 4 milhões no projeto e a intenção de avaliar sua aplicação em grupos elegíveis, incluindo dependentes químicos em fase de recuperação, na próxima fase da pesquisa. Há conversas também com o governo paulista e o Instituto Butantan. “Vamos precisar de R\$ 30 milhões para os estudos clínicos de fase I e II, que devem levar entre dois e três anos para serem concluídos”, revela.

Os pesquisadores já depositaram uma patente da candidata a vacina em nome da UFMG e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), que apoia o projeto. Em maio, o estudo mineiro foi selecionado como um dos finalistas do 2º Prêmio Euro Inovação na Saúde, iniciativa internacional que destaca inovações na área médica, patrocinada pela empresa farmacêutica brasileira Eurofarma. ■

Raissa Pereira, doutoranda da UFMG, segura frasco contendo a formulação do imunizante Calixcoca



O projeto e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.



ENERGIA RENOVÁVEL

SUCATA SOLAR

Descarte e reciclagem de painéis solares fotovoltaicos trazem desafios ambientais e oportunidades no contexto da transição energética

Frances Jones

Um galpão de 2 mil metros quadrados em Valinhos, no interior paulista, vem armazenando centenas de painéis solares todos os meses. Apenas em maio, o material recebido, basicamente módulos inutilizados para a produção de energia fotovoltaica, chegou a 80 toneladas (t). Não se trata de uma nova usina de fonte renovável, mas de uma empresa aberta há pouco mais de três anos que decidiu apostar em um mercado ainda incipiente, porém em expansão, que deve explodir nos próximos anos: o da reciclagem de painéis solares descartados.

“No ano passado, crescemos mais de 700% em volume de material recebido e estamos projetando bem mais para este ano”, afirma o empresário Leonardo Duarte, de 27 anos, fundador da SunR, uma das poucas empresas no país a se dedicar integralmente à reciclagem dos módulos foto-

voltaicos que perderam sua eficiência. “Desde que abrimos, recebemos mais de 25 mil painéis, o equivalente a 730 toneladas de material”, conta.

A questão sobre o que fazer com as placas solares inutilizadas vem se impondo ao redor do mundo, principalmente em países da Europa, como a Alemanha, que começou a adotar a energia solar ainda nos anos 1990. A estimativa de vida útil dos painéis é de 25 a 30 anos, e uma grande quantidade de módulos em solo europeu e em outros lugares já virou sucata.

Um relatório feito pela Agência Internacional de Energia Renovável (Irena) em 2016 sobre o gerenciamento dos painéis solares fotovoltaicos ao fim de sua vida útil alerta que a quantidade de lixo anual no começo dos anos 2030 atingirá algo entre 1,7 milhão e 8 milhões de t. Em 2050, esse tipo de resíduo poderá chegar a 78 milhões de t no planeta.

Painéis solares fora de uso armazenados pela organização não governamental PV Cycle, da Bélgica

Por outro lado, a agência estimava em 2016 que o valor dos materiais capazes de ser recuperados nesses equipamentos poderia chegar a US\$ 450 milhões em 2030, quantia suficiente para a produção de 60 milhões de painéis solares. Vinte anos depois, o valor da reciclagem superaria US\$ 15 bilhões, o bastante para produzir 2 bilhões de placas, segundo projeções da Irena.

Vidro e alumínio compõem quase 90% dos módulos, mas eles contêm também uma pequena parcela de metais valiosos, como prata e cobre, além de substâncias mais poluentes, como chumbo e polímeros (ver infográfico na página 72). No Brasil, onde a tecnologia fotovoltaica foi mais amplamente adotada a partir dos anos 2010, a questão deverá ganhar volume em alguns anos, mas também já começa a causar preocupações.

“O maior equívoco é achar que os resíduos só vão surgir a partir de 30 anos. Muito pelo contrário”, diz Duarte, que trabalha diretamente com usinas, montadoras e importadoras de módulos solares no Brasil inteiro. “Estimamos que mais de 7% dos painéis são descartados antes de 15 anos de vida útil.”

Acidentes no transporte, no carregamento e descarregamento, erros na instalação e manutenção, eventos externos como vendavais e incêndios, além de refugo na produção das montadoras de painéis, são alguns dos motivos apontados pelo empresário para a aposentadoria ou perda pre-

coce dos módulos de silício cristalino. Esse material é o elemento semicondutor empregado na maioria dos painéis solares comercializados no mundo e no Brasil.

As camadas de polímero adesivo que protegem o produto da exposição às intempéries dificultam a desmontagem e a reciclagem. A parte mais simples de recuperar no processo é a estrutura de alumínio e os fios de cobre externos. Em seguida, vem o vidro, que compõe grande parte do painel (70% a 95%) e já tem uma indústria de reciclagem bem estabelecida. Outros materiais encontrados nas células solares apresentam um desafio maior. Prata, estanho, cobre e o próprio silício são elementos valiosos, embora haja uma quantidade ínfima nos módulos em comparação com o vidro. Especialistas calculam, no entanto, que eles respondem por mais de 40% do valor do painel.

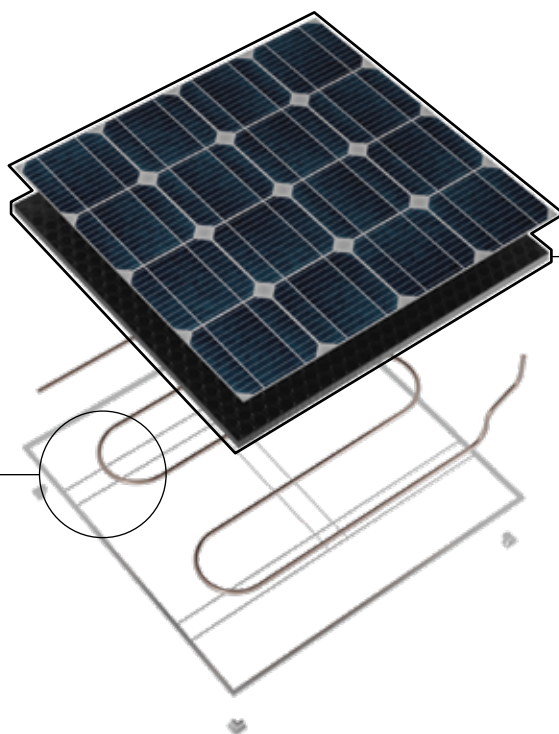
“Fazer a separação dos materiais nobres não é simples. É preciso ainda muita pesquisa e desenvolvimento para avançar nesse sentido”, diz o físico Carlos Frederico de Oliveira Graeff, da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista (Unesp), campus de Bauru, que trabalha no desenvolvimento de células solares. Um de seus projetos mais recentes, apoiado pela FAPESP, tem como foco investigar a estabilidade das células solares de perovskita, um elemento semicondutor com eficiência superior ao silício, mas ainda pouco durável (ver Pesquisa FAPESP nº 260).

Além de reduzir o resíduo e as emissões de carbono relacionadas ao lixo, a reciclagem dos

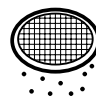
O passo a passo da reciclagem

Módulos fotovoltaicos obsoletos são queimados, triturados e passam por processos químicos para serem reaproveitados

1. O primeiro passo é recuperar o cobre utilizado nos fios e cabos e o alumínio presente na moldura



2. O restante é levado ao forno, entre 500 e 600 °C, para queima, em ambiente controlado, do composto usado no encapsulamento das células



3. Em seguida, o material é moído, com o uso de peneiras, ventilação e outros métodos, para a separação do vidro



4. O que sobra, basicamente pedaços de células solares, é submetido a processos químicos, principalmente para a remoção da prata dos contatos das células



5. Ao final, ainda resta o silício, que passa novamente por um processo de purificação para poder ser reutilizado



Módulos estocados em galpão da empresa recicladora SunR, de Valinhos, no interior paulista

módulos fotovoltaicos também tem o potencial de diminuir o uso de energia necessária à exploração e à produção do material original, como prata e silício, bem como poder diminuir os impactos ambientais associados à mineração desses metais. “Há potencial para se aproveitar mais de 95% do material dos painéis”, diz. “Esse é um mercado que está se abrindo agora”, diz Graeff.

Ofísico Francisco das Chagas Marques, do Instituto de Física Gleb Wataghin da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pesquisador da área de energia fotovoltaica, afirma que o principal desafio é obter uma tecnologia de reciclagem rentável, uma vez que os atuais processos são dispendiosos e, por enquanto, não repõem os custos de operação. “Tem sido mais comum a recuperação apenas do cobre dos fios, do alumínio da moldura e do vidro”, diz.

Segundo o pesquisador, a área está em desenvolvimento especialmente nos Estados Unidos e na Europa. No Brasil, não há fabricantes de células solares. Os módulos são importados ou apenas montados no país, com a utilização de células de silício que também vêm de fora, assim como o vidro, a pasta de prata, encapsulantes e outros itens, ressalta Marques. A China é o maior produtor mundial de painéis solares.

Na SunR, de Valinhos, após a retirada da estrutura de alumínio, dos eletrônicos e dos conectores, os painéis são submetidos a um processo mecânico de trituração. O material passa por

separações densimétricas e glanulométricas, nas quais vidro e metais são apartados. “Na nossa saída de material da empresa tem alumínio, cabamentos, caixa de junção, plástico, vidro e uma mistura metálica – composta por silício, prata, cobre, estanho e outros”, conta Duarte.

A mistura metálica, afirma, é vendida para indústrias interessadas em fazer a extração química. “Como o volume de metal é muito baixo dentro do painel, não justifica virarmos uma indústria química para isso; nosso processo é 100% mecânico”, diz. “Possuímos soluções viáveis, mas que não garantem o aproveitamento de todo o material. Estamos desenvolvendo novas parcerias e estudos para aproveitar ao máximo cada um deles.” Segundo Duarte, a porcentagem da reciclagem da mistura metálica depende do comprador, se vai querer explorar todos os materiais ou apenas a prata ou o silício.

Fora do país, algumas empresas prometem reciclar mais de 90% do material dos painéis solares, incluindo a prata e o cobre. A francesa Rosi, com sede em Grenoble, inaugurou em junho a sua primeira planta industrial, dizendo usar mecanismos físicos, térmicos e químicos no processo de separar adequadamente os materiais. Nos Estados Unidos, a SolarCycle foi fundada em 2022 como uma startup na Califórnia e construiu um centro de reciclagem no Texas, onde informa extrair 95% do valor do material dos painéis solares e reintroduzi-los na cadeia de suprimentos.

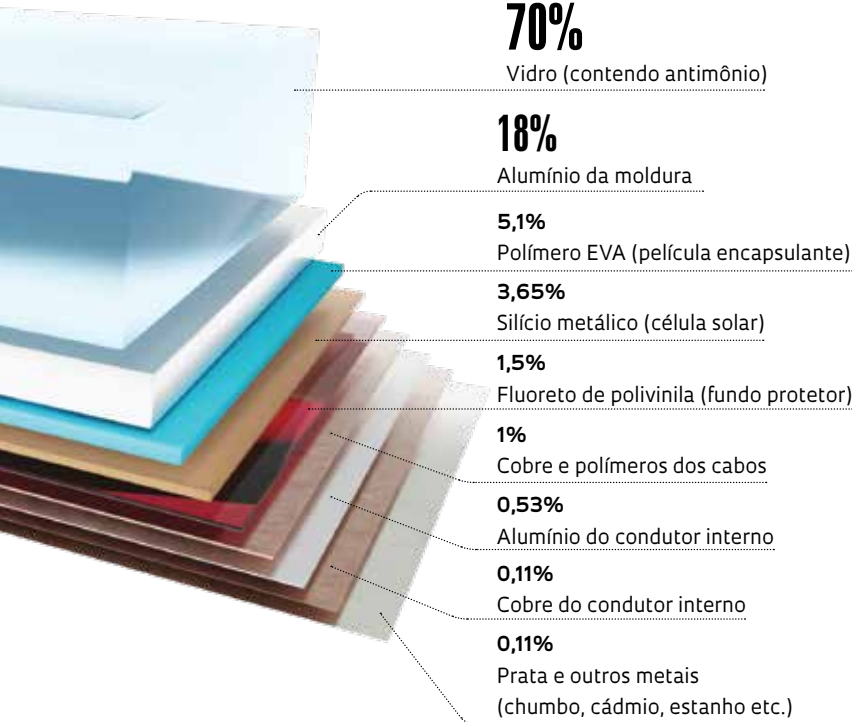
A empresa norte-americana desenvolveu máquinas especiais que removem o vidro inteiro do painel – isso é feito depois da retirada da moldura, dos cabos e da caixa da passagem. A mistura que sobra é separada: de um lado plástico, de outro metais (silício metálico, cobre, prata, chumbo e estanho, principalmente). Por enquanto, os metais são vendidos para terceiros, mas a empresa está prestes a inaugurar uma nova planta que fará o processo químico de recuperação dos metais, principalmente da prata e do silício.

Na Alemanha, pesquisadores do Instituto Fraunhofer para Sistemas de Energia Solar e do Centro Fraunhofer para Silício Fotovoltaico anunciaram em 2022 o desenvolvimento de uma solução em parceria com a maior empresa de reciclagem local, a Reiling GmbH & Co. KG – o Instituto Fraunhofer é uma associação de pesquisa alemã com 76 unidades espalhadas pelo país com diferentes focos em ciência aplicada. O processo prevê a recuperação do silício dos módulos descartados e sua reutilização na produção de novas células solares com a tecnologia Perc (Passivated Emitter Rear Cell), empregada nas novas gerações de painéis, com células fotovoltaicas mais finas.

Após passar pelo processo mecânico de reciclagem e da separação de outros materiais, os fragmentos de célula solar com tamanhos entre

A composição do painel

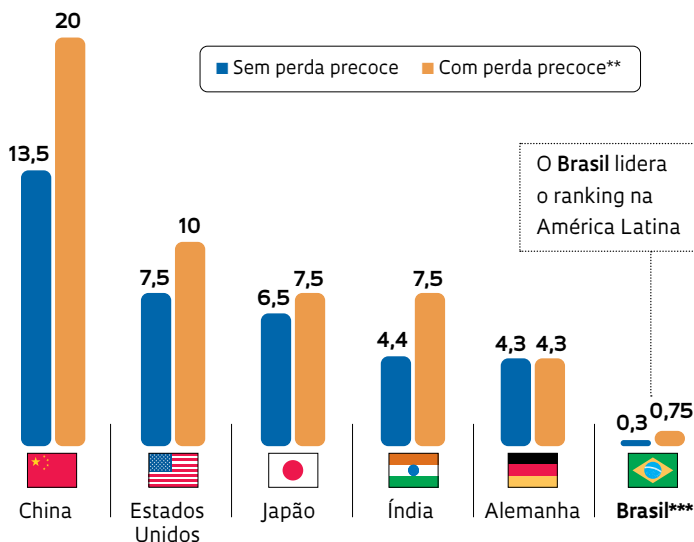
Vidro responde pela maior quantidade de material dos módulos de silício cristalino



FONTE: DE SOUZA, N. M. ET AL. SOCIAL SCIENCES & HUMANITIES OPEN. 2023

Uma montanha de resíduos

Estimativa de volume a ser gerado por cinco países e o Brasil pelo descarte de painéis até 2050* (em milhões de toneladas)



* Estimativa baseada em uma vida útil de 30 anos. ** Descarte antes do tempo previsto de vida útil. *** O relatório não fornece a posição do Brasil no ranking global.

FONTE: "END-OF-LIFE MANAGEMENT – SOLAR PHOTOVOLTAIC PANELS" (IRENA, 2016)

0,1 e 1 milímetro são submetidos a um ataque químico. A seguir, são processados em lingotes de silício monocristalino e darão origem aos *wafers* (bolachas ou lâminas que compõem os painéis).

Entre os cofundadores da norte-americana SolarCycle está o engenheiro brasileiro Pablo Ribeiro Dias, hoje diretor de Tecnologia da empresa. Ele cursou graduação, fez mestrado e doutorado em engenharia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Junto com Hugo Marcelo Veit, que o orientou na dissertação de mestrado, Dias inventou um método específico para a remoção e a recuperação da prata nos módulos fotovoltaicos, com uma eficiência entre 92% e 94%, utilizando operações mecânicas com moinhos e hidrometalúrgicas, com soluções ácidas e sais, para promover a lixiviação e a decantação do metal.

A patente da tecnologia foi concedida pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) no ano passado. “O processo em escala industrial ainda não foi adotado por nenhuma empresa”, conta Veit, que não integra a equipe da SolarCycle e tem dedicação exclusiva à UFRGS. “Se alguma companhia quiser fazer o processo em escala industrial no Brasil, tem de obter o licenciamento.” Essa patente é protegida apenas no país.

Os dois pesquisadores ainda têm depositados mais dois pedidos de patente, um deles referente a um método desenvolvido na Austrália – Dias fez parte do doutorado na Universidade Macquarie e Veit cursou pós-doutorado na Universidade de Nova Gales do Sul, ambas em Sydney. “O segundo método é um processo mais químico do que mecânico, mas usa um solvente orgânico, enquanto o primeiro utiliza ácidos, para recuperar não somente a prata como outros componentes. É um método um pouco mais amplo”, diz o professor da UFRGS.

O terceiro depósito foi feito na Austrália em 2021 e abrange outra tecnologia com um processo mecânico e químico para reciclar todos os componentes dos painéis solares. Nenhum dos três métodos patenteados pelos pesquisadores brasileiros é usado na SolarCycle, que emprega outra rota de reciclagem.

De acordo com Veit, vários grupos de pesquisa no mundo buscam desenvolver métodos mais eficientes de reciclagem dos módulos. “Não dá para desconsiderar que tem um custo para fazer o painel, pois ele consome muita matéria-prima. O interesse nessa área está aumentando porque o volume e a quantidade de painéis descartados começam a chamar a atenção”, comenta Veit.

Os estudos sobre reciclagem de painéis solares da equipe gaúcha tiveram seus resultados publicados nas revistas *Resources, Conservation and*

FOTO: CARL DE SOUZA / AFP VIA GETTY IMAGES INFOGRÁFICO: ALEXANDRE AFFONSO / REVISTA PESQUISA FAPESP



Usina de energia solar em Pirapora, Minas Gerais, uma das maiores da América Latina

Recycling, em 2021, e *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, em 2022. O processo descrito em um desses artigos deu as diretrizes para a SolarCycle, mas foi modificado, conta Dias. Hoje, a empresa não adota as tecnologias previstas nas solicitações de patente brasileira ou australiana.

“Tivemos que evoluir aquele processo em algumas camadas. Hoje está mais avançado. Usando nossa tecnologia, podemos remover todo o vidro do painel antes de separar os metais e os plásticos. Essa é uma forma diferente e muito mais eficaz e eficiente de reciclar painéis”, conta Dias.

Especialistas defendem que, além de tecnologia, são necessários mecanismos políticos e estruturas regulatórias para desenvolver e estimular um tratamento adequado ao resíduo industrial dos painéis. A atual Lei nº 12.305/2010, da Política Nacional de Resíduos Sólidos, não trata explícita e especificamente dos módulos solares.

“De quem é e de que maneira se dará a responsabilidade sobre os resíduos provenientes dos sistemas fotovoltaicos?”, questiona o engenheiro eletricista Clóvis Bôsko Mendonça Oliveira, professor da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), que publicou este ano um artigo de revisão sobre o tema na revista *Social Sciences & Humanities Open*, com o seu orientando de mestrado Nelson Monteiro de Sousa e com Darliane Cunha, professora do mestrado profissional em Energia e Ambiente na UFMA.

“Soluções tecnológicas mais eficientes e desenvolvimento de processos serão necessários para

tratar adequadamente os problemas que surgem no final do ciclo de vida útil dos sistemas fotovoltaicos”, destacam os autores no artigo. “No entanto, é necessário mais. Mecanismos políticos e estruturas reguladoras também precisarão ser desenvolvidos e implementados no final do estágio do ciclo de vida para preparar, encorajar e desenvolver aplicações apropriadas de tratamento de resíduos industriais.”

Para Oliveira, discutir os aspectos regulatórios é algo premente. “Se apenas daqui a 20 anos tivermos uma lei específica para esse assunto, só teremos retorno efetivo em 40 anos, já que não se pode retroagir numa norma dessa, que envolve custo financeiro. Temos que agir já.” Países da União Europeia, Japão e Canadá, que estão mais avançados nessa área, já atualizaram suas legislações. ■

Projeto

Otimização da estabilidade das células solares de perovskita (nº 20/12356-8); **Modalidade** Projeto Temático; **Pesquisador responsável** Carlos Frederico de Oliveira Graeff (Unesp); **Investimento** R\$1.914.365,90.

Artigos científicos

DIAS, P. *et al.* Comprehensive recycling of silicon photovoltaic modules incorporating organic solvent delamination –technical, environmental and economic analyses. *Resources, Conservation and Recycling*. v. 165. fev. 2021.

DIAS, P. R. *et al.* High yield, low cost, environmentally friendly process to recycle silicon solar panels: Technical, economic and environmental feasibility assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. v. 169. nov. 2022.

SOUSA, N. M. *et al.* Photovoltaic electronic waste in Brazil: Circular economy challenges, potential and obstacles. *Social Sciences & Humanities Open*. v. 7. 2023.

BIOCARVÃO

Perspectiva de economia com fertilizantes, ganho de produtividade e sequestro de carbono motivam uso de material elaborado com resíduos agrícolas | Carlos Fioravanti

Em setembro, a fábrica em Lajinha, leste de Minas Gerais, da subsidiária brasileira da NetZero, empresa sediada em Paris, pretende começar a produção contínua de biocarvão com palha de café recolhida das fazendas de 400 cafeicultores da região. Os que forneceram a matéria-prima serão os primeiros a usar o pó preto como adubo em suas terras, esperando colher resultados ao menos semelhantes aos obtidos em experimentos feitos em pequena escala por centros de pesquisa do Brasil e de outros países.

O também chamado biochar é produzido por meio do aquecimento sem oxigênio em fornos chamados pirólisadores de resíduos agrícolas, entre eles espiga de milho, casca de babaçu, arroz e algodão, serragem e restos de madeiras, açaizeiros e dendzeiros. A mesma planta pode gerar materiais com composição química e propriedades próprias. Um artigo de março na *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*

mostrou que o biocarvão feito com *Phyllostachys aurea*, espécie exótica de bambu, tem teores de carbono mais altos que o de *Guadua* sp., espécie nativa de bambu, ambas comuns no Sul do país.

Em estudos controlados feitos nos últimos 10 anos, essas formulações aumentaram a produtividade agrícola em até 50%, o crescimento das raízes em 30% e o dos brotos em 45%. Também favoreceram a absorção de nutrientes, reduziram em cerca de 20% o uso de fertilizantes químicos e ajudaram o solo a reter água e contaminantes. O biocarvão tem sido bastante valorizado, ainda, por causa de sua capacidade de sequestrar – ou, literalmente, enterrar – carbono, o elemento químico mais abundante em sua composição.

Inaugurada em abril, a fábrica de Lajinha é a primeira em escala comercial do Brasil. Construída com tecnologia própria em um terreno cedido pela Cooperativa dos Cafeicultores da Região de Lajinha (Coo café), tem capacidade de produção de 4,5 mil toneladas (t) de biocar-



VAI AO CAMPO

vão por ano, ainda pouco diante dos 42 milhões de t de fertilizantes que o Brasil consome a cada ano. Parte do biocarvão seguirá sem custos para os fornecedores da matéria-prima, que poderão comprar o restante com desconto.

“A comercialização de créditos de carbono viabilizou nosso modelo de negócio, porque pode subsidiar o preço de venda do biocarvão, que não dá para ser alto”, declarou o empresário francês Olivier Reinaud, cofundador da NetZero, a *Pesquisa FAPESP*. Segundo ele, o banco franco-britânico Rothschild e a consultoria norte-americana Boston Consulting Group já compram os créditos gerados pelo biocarvão produzido em uma fábrica inaugurada em janeiro de 2022 em Camarões, na África, também com resíduos de café. “Os créditos correspondem à cerca de metade de nossa receita”, informou ele em um comunicado da empresa.

A Aperam BioEnergia, produtora de carvão vegetal em Minas Gerais, anunciou em maio que havia vendido 921 contratos de remoção de car-

bono, cada um correspondendo à retirada de 1 t de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera. De acordo com um comunicado da Aperam, a meta é produzir 40 mil t de biocarvão por ano, o que representaria uma receita próxima a R\$ 40 milhões.

Empresas europeias produziram cerca de 21 mil t de biocarvão em 2020 e os Estados Unidos 45 mil t em 2017 e em 2018, podendo ter chegado a 70 mil t nos anos seguintes. O mercado global de biocarvão pode chegar a US\$ 205 milhões neste ano e US\$ 587 milhões em 2030, com um crescimento anual de 13%, estima a organização não governamental Earth.

Se usado intensivamente em todo o mundo, o biocarvão poderia remover entre 1,3 bilhão e 3 bilhões de t de CO₂ até 2050, de acordo com o Projeto Drawdown, movimento que busca soluções para enfrentar a emergência climática e ambiental. Apesar da perspectiva positiva, o engenheiro químico Henrique Poltronieri Pacheco, do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesqui-

Fertilizante granulado com biocarvão e ureia (à esq.) e o produto aplicado em uma lavoura de milho (acima)



Fábrica de biocarbão da NetZero em Lajinha, Minas Gerais, feito com palha de café

sa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe-UFRJ), recomenda prudência com as estimativas sobre sequestro de carbono.

“Sem uma análise completa da pegada de carbono, do berço ao túmulo, como dizemos, não é possível dizer que o biocarbão está efetivamente sequestrando carbono”, ressalta. Além disso, a redução de emissões com o biocarbão pode variar muito, em razão da matéria-prima usada em sua produção, da dose aplicada e do tipo de solo.

BIOCARBÃO EM GRÃOS

Em 2018, no primeiro de dois projetos apoiados pelo programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) da FAPESP, o administrador Braulio Pereira Neto, à frente da Carbosolo, lidava com o biocarbão tradicional, formado por partículas de tamanhos diferentes. Havia um problema: as mais finas voavam facilmente quando aplicadas no solo. Aborrecido com o pó se espalhando, ele desenvolveu um fertilizante extrudado – ou granulado – com biocarbão. A nova apresentação facilita a aplicação e evita que as partículas cheguem aos pulmões de quem a manipula.

Duas matérias-primas apresentaram os melhores resultados: um revestimento dos aviários conhecido como cama de frango, formado por

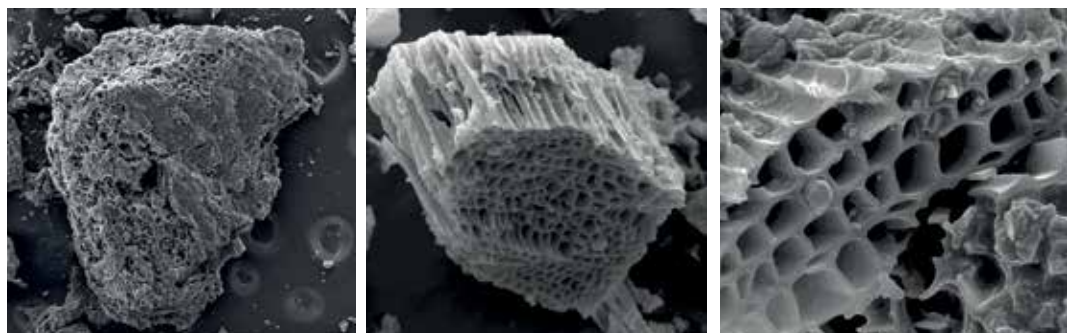
palha de arroz ou serragem, restos de ração e dejetos das aves; e o bagaço moído da cana-de-açúcar, chamado de torta de filtro, resíduo da produção de açúcar e etanol. O material é pirrolisado a temperaturas próximas a 400 graus Celsius (°C) e submetido a um banho em uma solução com nitrogênio, fósforo ou potássio, os nutrientes básicos das plantas.

“Os nutrientes entram pelos poros e aderem à superfície do biocarbão, que depois é revestido com um polímero à base de amido”, descreve Pereira Neto. O engenheiro-agrônomo Cristiano Andrade, da Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna, interior paulista, apresenta outra possibilidade: “Por ser muito poroso, o biocarbão também poderia levar microrganismos que ajudam as plantas a crescerem”.

Andrade coordenou os testes em campo de 17 tipos de biocarbão da Carbosolo, com teor de nitrogênio entre 3% e 38%, comparados com a ureia, com até 45% desse elemento químico. As formulações com biocarbão se mostraram mais eficientes, por liberarem nitrogênio 60% mais lentamente. Como descrito em um artigo de fevereiro de 2020 na revista *Science of the Total Environment*, propiciaram ganhos de até 21% na produtividade do milho e de 12% na eficiência de uso do nitrogênio pelas plantas.

A Carbosolo e a NetZero pretendem estimular a produção regional de biocarbão em cooperativas ou associações de agricultores, com matéria-prima local, para manter os custos e o preço final baixos. Pereira Neto propõe uma descentralização ainda maior: “Os pequenos agricultores também poderiam fazer biocarbão, com fornos de barro, controlando a temperatura”.

Pacheco reconhece: “O biocarbão é uma solução descentralizada, com alta flexibilidade do ponto de vista geográfico”. Em um experimento recente, seu grupo fez a pirólise da casca do fruto de cacauzeiros trazida do Espírito Santo e surpreendeu-se ao ver que o biocarbão continha 70% de potássio, um importante nutriente para as plantas, em massa seca.



Imagens de microscopia eletrônica de varredura: biocarbão de borra de café (ampliado 150 vezes, à esq.) e de eucalipto (ampliado 800 vezes, no meio, e 2 mil vezes, à dir.)



O forno deve ser bem cuidado. “Não pode ter vazamento ou entrada de ar, porque o oxigênio extra, que não é liberado pela matéria-prima, vai queimar, em vez de decompor o material, e potencialmente formar compostos nocivos, como dioxinas e furanos”, alerta Pacheco. Segundo Reinaud, o processo industrial ajuda a controlar a pirólise do biocarvão.

“Ainda temos um gargalo”, comenta Andrade. “Faltam fornos maiores, que possam funcionar de modo contínuo, com uma rosca sem fim, e não em bateladas, de acordo com a capacidade do forno.”

Andrade começou a pesquisar biocarvão em 2012 por duvidar de seus potenciais benefícios, mas depois se convenceu. Com colegas do Instituto Agronômico (IAC), de Campinas, verificou que esse material pode ser útil também para remover contaminantes do solo, como descrito em um artigo de maio na *Environmental Geochemistry and Health*.

LIMITAÇÕES

A engenheira ambiental Agnieszka Latawiec, da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ) e do Instituto Internacional para Sustentabilidade (IIS), ressalta: “O biocarvão não funciona para tudo, sempre”. A eficiência pode variar de acordo com o solo, clima, planta cultivada e forma de aplicação.

Em 2013, ainda na Polônia, ela aplicou biocarvão para adubar milho. A produtividade aumentou 50%, mesmo em solo degradado. Anos depois, no Rio, fez um experimento parecido com milho e feijão em uma fazenda experimental da Embrapa Agrobiologia em Seropédica, interior fluminense. Segundo artigo de fevereiro de 2018 na revista *Sustainability*, os ganhos de produtividade foram baixos, indicando que os resultados com biocarvão dependem de muitas variáveis.

Com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj), experimentos feitos desde 2014 por seu grupo mostraram que o biocarvão poderia aumentar em 27% a produtividade de gramíneas usadas como alimento para o gado, como relatado em um estudo de agosto de 2019 na *Scientific Reports*. Outros ensaios exibiram diferentes respostas de cada variedade de gramínea do gênero *Brachiaria*.

Ao longo de quatro safras, a aplicação de biocarvão resultou em maior produção de biomassa do capim Paiaguás, uma variedade silvestre, bastante resistente à seca, seguida pela Piatã e, por fim, a Marandu – e o crescimento pode ser intensificado em combinação com amendoim forrageiro, que facilita a incorporação de nitrogênio ao solo, de acordo com uma estratégia detalhada na edição de setembro deste ano da revista *Agriculture, Ecosystems & Environment*.

“Depois de ver os resultados, José Ferreira, o dono da propriedade em que fazemos os testes, disse que continuaria com o Piatã, porque gostava dessa variedade”, comenta a pesquisadora. “Conversamos muito para entender o que fazer e melhorar. Ele sempre dizia: ‘Quero minha vaca gorda e meu domingo livre’. Ou seja, ele quer uma inovação que o poupe de trabalho extra.”

Com base em seu estudo de campo, Latawiec faz algumas recomendações: “Antes da aplicação em larga escala, convém fazer um teste-piloto, expor as incertezas para o produtor agrícola, rastrear o biocarvão e acompanhar sua capacidade de aumentar a produtividade agrícola e sequestrar carbono, de acordo com uma análise custo-benefício e de ciclo da vida”. ■

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

DEMOGRAFIA

Recenseadores do IBGE conversam com moradora da favela da Rocinha, no Rio de Janeiro, em 2022: país envelhece mais rápido do que o esperado



ENVELHECIMENTO POPULACIONAL

Primeiros resultados do Censo de 2022 mostram que país precisa repensar previdência e saúde

Christina Queiroz

Motivado por uma tendência de queda na taxa de fecundidade observada desde a década de 1960 e pelo aumento na mortalidade decorrente da pandemia de Covid-19, o Brasil registrou o crescimento populacional mais baixo de sua história, segundo os primeiros resultados do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2022, divulgados no fim de junho. De 2010 a 2022, a taxa média de crescimento anual da população do país foi de 0,52%, o que representa o menor avanço desde o primeiro Censo do Brasil, realizado em 1872. Demógrafos e economistas consultados para essa reportagem, entre eles Roberto Luiz do Carmo, do Núcleo de Estudos de População da Universidade Estadual de Campinas (Nepo-Unicamp), sustentam que o dado evidencia que o país está envelhecendo mais rápido do que se esperava. Por causa disso, deve implementar novas reformas na Previdência Social, assim como criar políticas públicas de saúde que considerem as necessidades de populações idosas.

As informações levantadas pelo Censo sugerem que, após mais de 100 anos de crescimento contínuo, o país pode registrar uma queda populacional já na próxima década. “Vivemos uma transição demográfica marcada pela redução na quantidade de crianças e em grupos populacionais economicamente ativos, bem como um aumento de pessoas acima de 60 anos”, alerta Carmo. “Esse fenômeno chegou mais cedo do que imaginávamos e, por isso, o país deve antecipar a reformulação de políticas públicas, considerando o novo contexto.” Para o demógrafo, a menor taxa média de crescimento anual da população foi influenciada pela pandemia e não é possível ter certeza de que tendências demográficas dos últimos três anos permanecerão vigentes de forma tão acentuada. “Ou seja, não sabemos se a natalidade seguirá tão baixa e a mortalidade tão alta conforme os patamares observados em 2021 e 2022”, pondera o pesquisador. Segundo o IBGE, em 2021, o número de mortes no país cresceu 18% em comparação com 2020, atingindo cerca de 1,8 milhão de pessoas. Tanto a taxa de crescimento anual como o total de óbitos foram recordes da série histórica, iniciada em 1974. Já os nascimentos caíram 1,60% e chegaram a cerca de 2,6 milhões em 2021, o que representa o menor valor registrado desde 2003.

“Se havia alguma dúvida de que a sociedade brasileira está mudando, ela caiu por terra. Nossa transição demográfica se adiantou”, reitera o economista Duval Fernandes, da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas). Ele explica que o envelhecimento da população não deve ser considerado um problema, mas o fato de que haverá menos contribuintes para susten-

tar as aposentadorias no futuro. “Para sanar esse desafio, é urgente que o país invista na melhoria da escolaridade dos jovens para tentar aumentar a produtividade do trabalho”, defende.

Com reflexão similar, a demógrafa e economista Raquel Guimarães, da Universidade Federal do Paraná (UFPR), chama a atenção para o fato de que o envelhecimento da população vai demandar não só a formulação de políticas de saúde, como também o setor de cuidado (*ver Pesquisa FAPESP n° 299*). “Precisamos discutir como lidar com uma massa crescente de pessoas que terão sobrevida elevada, mas em condições de saúde não adequadas, sofrendo de demência e outras doenças relacionadas com o envelhecimento”, alerta (*ver Pesquisa FAPESP n° 329*). Esse cenário, segundo Guimarães, já impacta as mulheres que fazem parte da chamada “geração sanduíche” e cuidam, ao mesmo tempo, de pais idosos, filhos e netos.

Em 2022, a população do Brasil era de 203,1 milhões de pessoas, o que representa um aumento de 6,50% em comparação com 2010. Ou seja, a edição atual do Censo contabilizou 12,3 milhões de pessoas a mais do que o levantamento da década passada. Esses números diferem de projeções divulgadas pelo próprio IBGE em 2021, quando se estimava que a população residente no país naquele ano era de 213,3 milhões de pessoas. “Grande parte da comunidade de demógrafos se surpreendeu com essa diferença. A discrepância pode ter a ver com a queda mais rápida de fecundidade em relação às projeções”, analisa Guimarães. A redução na quantidade de filhos por mulher tem sido registrada em todas as classes sociais no Brasil desde a década de 1960 (*ver Pesquisa FAPESP n° 263*). No estado de São Paulo, por exemplo, a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (Seade) identificou que o número médio de filhos por mulher entre 2000 e 2020 passou de 2,08 para 1,56, uma queda de 25%. O estudo foi divulgado em 2021 com base em informações de cartórios de Registro Civil do estado.

Durante coletiva de imprensa realizada em 26 de junho, o estatístico Cimar Azeredo Pereira, presidente interino do IBGE, explicou que a diferença do número real em relação à projeção populacional ocorreu porque o país não atualizou a contagem de seus habitantes em 2015, conforme previsto. Em 1996, o órgão passou a realizar a contagem da população em períodos intercensitários, como forma de manter atualizada sua base de dados. Por conta de problemas orçamentários, a edição de 2015 não aconteceu, mas Pereira enfatizou a necessidade de o país realizar a contagem em 2025. “Essa medida é essencial para que gestores elaborem e aperfeiçoem políticas públicas e se preparem para enfrentar situações de emergência”, defendeu.

O Censo de 2022 mostra, ainda, que São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro continuam sendo os três estados mais populosos, concentrando 39,90% dos moradores do país. Já a área menos populosa é a Centro-Oeste, com 16,3 milhões de habitantes, ou 8,02% da população. Por outro lado, é a que teve o maior aumento populacional, movimento que pode ter sido motivado, entre outras razões, pela expansão agrícola na região. “A população atraída pelo aquecimento do mercado de trabalho nessas localidades acaba se concentrando em áreas urbanas”, afirma Carmo, da Unicamp.

O pesquisador lembra que a grande marca da demografia brasileira no século XX foi a transição para áreas urbanas, tendência que vem perdendo força, nas últimas décadas. “Em 1950, 36% das pessoas viviam em cidades e, hoje, o percentual equivale a mais de 85%”, informa.

Além disso, o Censo indicou que cerca de 29% da população do país mora em 41 cidades com mais de 500 mil habitantes – os municípios desse porte respondem por 0,74% do total, que é de 5.570. Dentre os 10 municípios mais populosos, cinco perderam habitantes entre 2010 e 2022, como Rio de Janeiro e Salvador. De 2010 para 2022, a população do Rio de Janeiro caiu de 6,3 milhões de pessoas para 6,2 milhões, uma diminuição de 1,72%, enquanto na capital baiana o número de habitantes caiu de 2,6 milhões para 2,4 milhões, uma redução de 9,60%. “Por outro lado, como resultado de processos migratórios, municípios de regiões metropolitanas foram os grandes ganhadores de população durante o último período censitário, ao contrário do movimento observado em capitais”, observa Carmo.

Para Fernandes, da PUC-Minas, a imigração ajuda a explicar diferenças populacionais registradas em municípios como Pacaraima, em Roraima, onde o Censo de 2022 identificou 19,3 mil habitantes, um aumento de 85,04% em comparação com 2010. “Esse avanço foi motivado pela chegada de venezuelanos à região”, informa. Apesar de defender a confiabilidade dos dados revelados pelo IBGE, o economista lamenta que o Censo atual não tenha recenseado a quantidade de brasileiros que deixaram o país nos últimos 12 anos. “Hoje, nem mesmo a Polícia Federal realiza esse levantamento, de forma que não sabemos se esse número aumentou, manteve-se estável ou caiu”, diz. Segundo Fernandes, projeções médias feitas na última década pelo Itamaraty estimam que cerca de 4,5 milhões de brasileiros vivem no exterior, o que corresponde a 2% da população. “Em geral, brasileiros que imigram estão em idade economicamente ativa, o que pode impactar de forma negativa a produtividade nacional.”



Por sua vez, a quantidade de domicílios cresceu em todos os estados – em média, 34% desde 2010. No total, foram contabilizados 90,7 milhões de domicílios. A edição de 2022 constatou que os particulares permanentemente vagos aumentaram 87%, chegando a 11,4 milhões, enquanto os de uso ocasional cresceram 70% ao longo desses 12 anos, totalizando 6,7 milhões. São Paulo, como a cidade mais populosa do Brasil, registra a maior quantidade de domicílios: 4,9 milhões. Em comparação com 2010, o avanço no município foi de 27%. “Eles cresceram significativamente devido ao novo padrão de formação das famílias brasileiras, em que há uma demanda crescente por espaços menores”, afirma Guimarães, da UFPR. Ela destaca, ainda, o avanço no número daqueles que estão vagos. “Minha hipótese para esse fenômeno é a de que o mercado imobiliário superestimou a demanda por novos domicílios”, sugere.

Em relação à taxa de não resposta, ou seja, domicílios ocupados nos quais os moradores deixaram de responder aos questionários, a média brasileira foi de 4,23% – 1/3 corresponde a moradores que se recusaram a prestar informações para os recenseadores. Em 2022, São Paulo registrou a maior taxa de não resposta do país, com um percentual de 8%, sendo que 2,30% dos domicílios do estado se recusaram a prestar informações para o levantamento demográfico. No Censo de 2010, a taxa média nacional de não resposta foi de 1,50%.

No evento oficial de divulgação dos primeiros resultados do Censo de 2022, que aconteceu em 28 de junho, no Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro, foram feitas menções reiteradas aos povos indígenas, assim como à população quilombola.

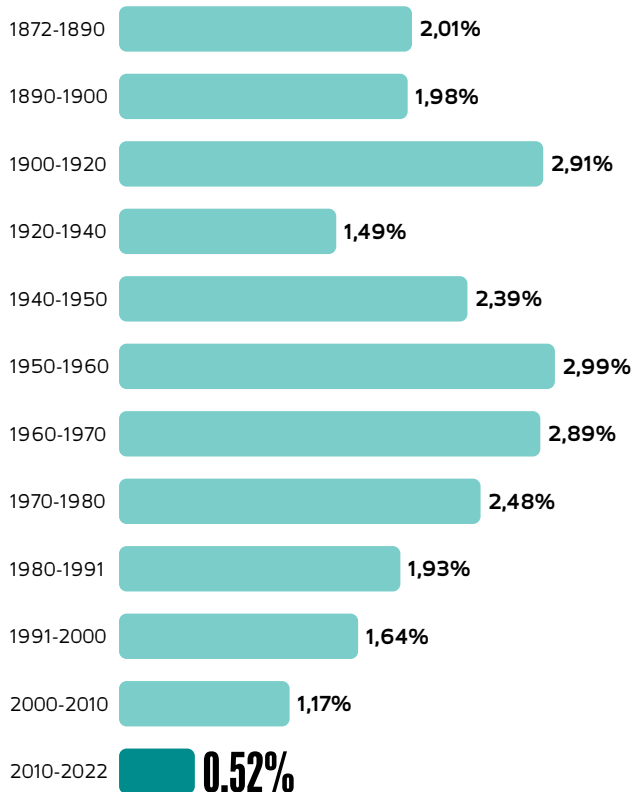
São Paulo (acima) registra 4,9 milhões de domicílios, a maior taxa do país; Guilherme Tenório, da etnia Tuyuka (à dir.), presta informações ao Censo de 2022, no Amazonas



AVANÇO POPULACIONAL DESACELERA

Pela primeira vez desde 1872, taxa média de crescimento anual foi menor do que 1%

Taxa média de crescimento anual (%)



FONTE CENSO DEMOGRÁFICO DE 2022

“No caso dos indígenas, as referências envolveram, entre diversos pontos, o esforço de tradução de questionários para algumas línguas e a complexidade do trabalho de campo em áreas mais remotas do país com marcante presença indígena”, relata o antropólogo Ricardo Ventura Santos, da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Na avaliação de Santos, as menções são indicativas de que, em relação às estatísticas públicas, o Estado brasileiro “colocou os povos indígenas no mapa” e isso deve ter implicações decisivas na formulação de políticas para essas populações. A categoria “indígena” foi incorporada aos questionários de censos demográficos em 1991.

Em relação à população quilombola, mapeada pela primeira vez pelo Censo Demográfico, os resultados iniciais foram anunciados no final de julho, mostrando que eram 1.327.802 pessoas quilombolas residentes no Brasil em 2022. Dos 5.568 municípios do país, 1.696 contavam com moradores quilombolas. Senhor do Bonfim (BA) registrou o maior número de pessoas quilombolas (15,9 mil), seguido por Salvador (BA) com 15,8 mil, Alcântara (MA) com 15,6 mil e Januária (MG) com 15 mil. O Censo também indicou que, das cidades com presença de quilombolas, 326 têm territórios delimitados. No total, o país possui 494 territórios quilombolas delimitados, que abrigavam 167,2 mil moradores no ano passado. Isso significa que somente 12,60% dessa parcela da população residia em territórios oficialmente reconhecidos. ■

O artigo científico consultado para esta reportagem está listado na versão on-line.



MAIS TONS DO ARCO-ÍRIS

Pesquisadores buscam novos recortes para expandir o debate sobre a questão LGBTI+ no Brasil

Francesca Angiolillo

A costureira Felipa de Sousa, de 35 anos, não escapou ilesa por ter manifestado seus desejos. Considerada culpada de “diversos namoricos com outras mulheres”, ela foi a primeira lésbica condenada no Novo Mundo. Em consequência do castigo imposto pelo visitador do Santo Ofício em Salvador, em 1591, Sousa seguiu acorrentada do Terreiro de Jesus até a Sé da Bahia, “onde, vestida simplesmente com uma túnica branca, descalça, com uma vela na mão, defronte às principais autoridades eclesiásticas e civis, ouviu sua ignóbil sentença”. Em seguida foi açoitada enquanto escutava o meirinho declarar seu crime, o do “pecado nefando de sodomia com mulheres”. E concluía: “Que seja degredada para todo o sempre para fora desta capitania”.

O caso da costureira da Bahia é narrado pelo antropólogo Luiz Mott no primeiro dos 24 ensaios inéditos de pesquisadores de estudos de gênero e sexualidade coletados na antologia *Novas fronteiras das histórias LGBTI+ no Brasil* (editora

Elefante, 2023). O livro é um esforço para “pular o muro da universidade”, nas palavras do historiador Paulo Souto Maior, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), que organiza a publicação com o advogado Renan Quinalha, especialista em direitos humanos e professor de direito da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).

A estrutura da coletânea revela as intenções da dupla: romper as fronteiras históricas, territoriais e temáticas que confinam a compreensão da vivência LGBTI+ (sigla para designar, entre outras, pessoas lésbicas, gays, bissexuais, transgêneros, travestis e intersexo) no país. Esses recortes dão título às três seções em que os textos se distribuem.

A primeira fronteira questionada é a histórica. No abre-alas da antologia está Mott, um dos principais nomes do movimento gay no Brasil e professor aposentado da Universidade Federal da Bahia (UFBA) – atualmente orienta alunos de pós-graduação na Universidade do Estado da Bahia (Uneb). No texto “História cronológica da homofobia no Brasil: Das capitânicas hereditárias ao fim da Inquisição (1532-1821)”, o antropólogo percorre a documentação do Tribunal do Santo Ofício em Portugal, recolhido no Arquivo Nacional da Torre do Tombo, para contar histórias de sodomitas, como eram chamados na época aqueles que fugiam do padrão heterossexual.

“Mais de 500 processos estão lá, todos digitalizados. É o maior acervo mundial do dia a dia dessa população naquele período”, afirma Mott. Segundo o pesquisador, embora a Inquisição espanhola tenha sido mais ampla, com tribunais no México, no Peru e na Colômbia – ao contrário do Santo Ofício português, que não instalou cortes no Brasil –, os relatos não eram preservados na íntegra. Os espanhóis, observa ele, resumiam os processos. “Em Portugal encontrei até mesmo cartas de amor”, conta. No artigo, Mott elenca os casos em quatro categorias: sodomitas do Brasil; sodomitas portugueses degredados para o Brasil; residentes na colônia confessos e acusados de sodomia; e réus do crime de sodomia do Brasil encarcerados e sentenciados no tribunal de Lisboa. O texto traz ainda uma cronologia dos principais fatos ligados à homossexualidade e à homofobia no Brasil inquisitorial.

O artigo de Mott faz jus ao que os organizadores pediram: resumir, de forma acessível para um público amplo, o resultado de suas pesquisas. A intenção de Souto Maior e Quinalha foi reunir os efeitos do crescimento e da diversificação dos estudos de gênero e sexualidade no país, sobretudo nos últimos 20 anos. De acordo com a dupla, esse incremento acompanha os avanços no marco legal e jurídico do que, na introdução do livro, chamam de “processo de cidadanização de pessoas LGBTI+”, ocorrido na última década.

No prefácio, o brasileiro James Green escreve que a antologia é a realização de seu “sonho do começo dos anos 2000 – ver dezenas de livros, centenas de dissertações de mestrado e teses de doutorado e milhares de acadêmicos produzindo pesquisas” no país. O historiador, à frente da Iniciativa Brasil na universidade americana Brown e ligado ao ativismo LGBTI+, viveu no país entre 1976 e 1982. Na década de 1990 fez seu doutorado na Universidade da Califórnia (Ucla), que originou o livro *Além do Carnaval – A homossexualidade masculina no Brasil do século XX* (Editora Unesp, 2000). Na ocasião, como recorda no mesmo texto, “havia um artigo e três livros” que serviram de referência para escrever a tese. Green foi o responsável por localizar um estudo pioneiro na área de ciências sociais, escrito pelo sociólogo José Fábio Barbosa da Silva (ver Pesquisa FAPESP nº 113). A monografia, que traçava o perfil dos homossexuais masculinos de classe média e de elite na São Paulo da década de 1950, foi defendida em 1960, na Universidade de São Paulo (USP), para uma banca composta pelos sociólogos Fernando Henrique Cardoso, Octavio Ianni (1926-2004) e Florestan Fernandes (1920-1995), que orientou a pesquisa. Em 2005 o trabalho foi publicado no livro *Homossexualismo em São Paulo e outros escritos* (Editora Unesp), organizado por Green e pelo antropólogo Ronaldo Trindade.

A multiplicação recente de abordagens acadêmicas sobre a comunidade LGBTI+ não reflete, evidentemente, a sua existência social. Para Remom Matheus Bortolozzi, do Departamento de Psicologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), “a grande ironia da história é falar ‘no meu tempo não existia’”. Ele é autor de “Por entre melindrosas, almofadinhas e transformistas do Triângulo: Novos gêneros e sexualidades na Belle Époque paulistana do início do século XX”, que também integra o eixo histórico da antologia.

A partir de páginas de jornais e outros periódicos, o artigo trata, sobretudo, da reação social a mulheres e homens, as melindrosas e almofadinhas do título, cujos códigos indicavam uma inversão de gênero. Como escreve o pesquisador, “a moda dos anos 1920, fundamental para a cultura das melindrosas, foi marcada por uma silhueta esguia, retilínea [...] e pela influência do vestuário masculino. As mulheres do período seguiam uma androgenia ou ‘masculinização’ no vestuário que se dava ao não valorizar o busto e a cintura e ter o cabelo cortado curto”. No caso dos almofadinhas, as publicações do período destacavam “a elegância da indumentária e o uso de maquiagens como batom, rouge e pó de arroz, além de unhas feitas e pés tratados”, bem como dos “maneirismos afeiminados, da delicadeza, de ser belo e encantador, além da fala em falsete, do requinte da educação e do apreço que recebem das mulheres”.

“No começo do século, essas identidades se associavam ao anseio de ser moderno, europeu, de não ser tradicional, quando São Paulo aspirava ao cosmopolitismo”, analisa Bortolozzi. Trata-se de identidades culturais que não necessariamente estão ligadas à homossexualidade. “Naquele momento, a medicina social moldava o olhar médico, jurídico e policial, abrindo espaço para a formação institucional de LGBTfobia”, afirma o pesquisador.

Além de um dos organizadores da obra, Souto Maior é coautor de artigo presente na segunda seção, “Fronteiras territoriais”, dedicada à cena LGBTI+ em lugares como os estados de Mato Grosso e Rondônia. No texto, que assina com Bruno Silva de Oliveira, mestre em história pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), Souto Maior aborda a experiência de homens gays e travestis na cidade de Campina Grande (PB) nas décadas de 1970 e 1980. “É recorrente no imaginário LGBTI+ o que o filósofo francês Didier Eribon chama de ‘a fuga para a cidade’, com o anonimato dos grandes centros urbanos permitindo a essas pessoas viverem e expressarem suas sexualidades”, diz Souto Maior. Essa “fuga”, segundo ele, não significa que inexistam espaços no interior do país ou nas capitais fora do Sudeste para a vivência dessa sociabilidade.

O artigo recupera a história de espaços públicos e privados que constituíram pontos de encontro desses grupos, como a Toca do Caranguejo, bar que funcionou na periferia da cidade entre 1980 e 2004, que realizava anualmente o concurso Miss Campina Grande Gay. Esse convívio, contudo, foi afetado pela epidemia da Aids. A síndrome, que tivera seus primeiros casos diagnosticados no Brasil em 1983, foi tratada no cenário de Campina Grande inicialmente como uma doença importada por quem viajava para fora do país. Só a partir de 1985 começou a ganhar menção na imprensa local, tornando-se motivo de pânico e desconfiança na cidade. Os sintomas descritos pela imprensa passariam “a funcionar como uma tatuagem em quem possuísse a doença, denunciando quase automaticamente a sexualidade”, escrevem os autores.

Entre os primeiros estudos acadêmicos sobre a cena homossexual da cidade paraibana figura a dissertação de mestrado da historiadora Kyara Maria de Almeida Vieira, defendida na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em 2006. Vieira escreve, com a historiadora Rozeane Porto Diniz, um dos artigos do terceiro eixo da antologia, sobre as fronteiras temáticas. As pesquisadoras traçam um diálogo entre suas teses de doutorado, desenvolvidas respectivamente na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), em 2014, e na Universidade Estadual da Paraíba

(UEPB), em 2017, em que abordaram representações literárias das lesbianidades.

O artigo parte da premissa de que “o que a história não diz, não existiu” para analisar os cordéis *O homossexual* (2010), de Raimundo Nonato da Silva, e *A confusão da sapatão com a ronda do quartelão* (2008), de Jair Moraes, bem como o romance *Eu sou uma lésbica* (1981), de Cassandra Rios (1932-2002), escritora de grande alcance popular, que viveu exclusivamente de direitos autorais de seus livros.

Na opinião de Vieira, embora os cordéis não reflitam “todas as transformações ocorridas ao longo dos últimos 70 anos” para a população LGBTI+ no país e lancem mão de uma linguagem estereotipada por meio de termos como “sapatão”, essas obras literárias populares nomeiam e dão visibilidade à experiência lésbica. “Há neles a representação, mas não representatividade”, observa a pesquisadora, que atualmente leciona na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa).

Já o romance de Cassandra Rios, diz a historiadora, questiona códigos morais, além de preceitos científicos e religiosos para falar do desejo entre mulheres em plena ditadura militar (1964-1985). A história foi publicada originalmente como folhetim, em 1980, em uma revista masculina. No ano seguinte, o livro, que narra a trajetória de Flávia e o desabrochar de sua sexualidade ainda na infância, saiu pela editora Record. Em 2006, ganhou reedição da Azougue Editorial. Trata-se da única obra da autora paulistana a reivindicar, no título, a sexualidade da protagonista.

Em outro artigo que integra o eixo das fronteiras temáticas da antologia, os antropólogos Paulo Victor Leite Lopes e Silvia Aguião discutem a questão da homossexualidade em favelas a partir de suas dissertações de mestrado com foco no cenário carioca. Aguião, que defendeu a dissertação em saúde coletiva na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), em 2007, deteve-se em Rio das Pedras, favela que surgiu no final dos anos 1960 na capital fluminense sendo marcada pela atuação da milícia (na época chamada de “polícia mineira”), que inibiu a atuação de traficantes de drogas armados no local. “A ausência do tráfico armado não



Acima, processo do Tribunal do Santo Ofício, utilizado pelo pesquisador Luiz Mott. O documento trata da condenação do português radicado no Brasil Luís Delgado, acusado de sodomia e degredado para Angola no século XVII



Melindrosas e almofadinhas em edições dos anos 1920 da revista *Para Todos*. Abaixo, artigo publicado em 1931, no jornal *A Esquerda*, fala sobre homem que passa a se vestir como mulher em São Paulo



exercem alguma curiosidade... entregou-se a rios, e, de uma "amo secca"... e foi vivendo a ilusão feminilidade. — a mulher se mette na tomada em desconflangas estranha occupar a verda- / mulher era fello. / ao appare. / mulher-homem / ante, só mesmo / mulher" de São

“Meu convívio mais próximo em Rio das Pedras era com pessoas não heterossexuais, como gays, lésbicas e travestis, e, quando entravam na minha casa, costumavam me perguntar o que significava homofobia.” Na época, essa não era uma palavra de uso comum, segundo Aguião, hoje pesquisadora do Núcleo de Pesquisa e Formação em Raça, Gênero e Justiça Racial do Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Afro-Cebrap). Ela diz que naquele momento a discussão sobre as ações afirmativas e a defesa de direitos relacionados a gênero e sexualidade despontava nas universidades. “Eu ficava intrigada em saber como isso chegava ao cotidiano da favela.”

A questão inspirou a pesquisa de doutorado que realizou entre 2008 e 2013 na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), com apoio da FAPESP. No estudo, Aguião investigou de que forma os processos políticos em curso no país no início do século XXI tornaram possível a constituição da população, que naquele momento era designada LGBT, como sujeitos de direito no plano governamental brasileiro. Entre as iniciativas nesse sentido figuraram, por exemplo, a criação do Conselho Nacional de Combate à Discriminação, em 2001, e o lançamento do programa federal Brasil sem Homofobia (2005). “Se quisermos entender a produção do sujeito de direito nesse âmbito, precisamos necessariamente olhar para a relação mutuamente produtiva e dependente entre essas três esferas: movimentos sociais ligados à causa LGBTI+, produção acadêmica e Estado”, defende a antropóloga, cuja tese foi publicada em livro pela Eduerj, em 2018, que pode ser baixado gratuitamente. “Em função da participação nas discussões governamentais, os movimentos sociais ligados à causa LGBTI+ expandiram, por exemplo, os contatos e capilarizaram redes de atuação. Esse modo de fazer política, de se organizar, é um legado que não se perde, mesmo em cenários hostis à causa.”

Os organizadores da antologia também veem como fundamental o elo entre produção acadêmica e ativismo, com os frutos dos estudos traduzindo-se em políticas públicas para a população LGBTI+. “Nossa principal intenção não é simplesmente contar a história por um desejo museológico de preservação do passado”, diz Quinalha. “Para serem elaboradas, as políticas públicas precisam de informação técnica, dados e análises. Nesse sentido, acho que o livro pode contribuir, por exemplo, para quem for pensar essas propostas em termos locais e regionais”, finaliza. ■

significa a conformação de um território livre de poderes coercitivos, que, no caso, são exercidos pela milícia”, diz a pesquisadora. “Ao longo da pesquisa foi possível perceber a existência de lugares tidos como mais ou menos confortáveis para pessoas não heterossexuais em Rio das Pedras. Demonstrar ‘excessivamente’ a orientação sexual era considerado falta de respeito e um tipo de comportamento sujeito a sanções por parte da milícia.”

A antropóloga começou a investigar Rio das Pedras com o recorte de homossexualidade, raça e mestiçagem ainda no trabalho de conclusão do curso de ciências sociais na Uerj, em 2003. Durante a pesquisa de mestrado, viveu por quatro meses na favela, no segundo semestre de 2006. Na ocasião, ela pendurou um cartaz na quitinete que alugou com a frase “Abaixo a homofobia”.

O projeto consultado para esta reportagem está listado na versão on-line.

CONTRAPONTO À ROBOTIZAÇÃO DA VIDA

Escritora e pesquisadora completa trilogia sobre o lugar do animal na sociedade contemporânea

Soraia Vilela

Em 2008 Maria Esther Maciel publicou o livro *O animal escrito: Um olhar sobre a zooliteratura contemporânea* (Lumme Editor), o primeiro dentro da sua pesquisa sobre a “história literária dos animais”. Mais tarde, em 2016, a professora da Faculdade de Letras da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) deu sequência às suas reflexões sobre o tema com *Literatura e animalidade* (Civilização Brasileira), para neste ano retomar a questão em *Animalidades: Zooliteratura e os limites do humano* (Editora Instante). Mestre em literatura brasileira e doutora em literatura comparada pela UFMG, com pós-doutorado em cinema pela Universidade de Londres, Maciel organizou também a coletânea *Pensar/escrever o animal: Ensaios de zoopoética e biopolítica* (Editora da UFSC, 2011), com textos de estudiosos brasileiros e estrangeiros.

Em entrevista a *Pesquisa FAPESP*, a pesquisadora e escritora conta por que passou a se dedicar à zooliteratura, comenta as interseções entre esse campo de pesquisa e outras áreas do conhecimento e relata como, em seus estudos sobre o tema, ocorreu o “salto” da história natural e do saber enciclopédico “para a esfera da vida, com todas as suas inflexões éticas e políticas”.

Poderia definir os conceitos de zooliteratura, zoopoética e estudos animais?

Os estudos animais são um vasto campo de investigação que, ao longo das últimas décadas, vêm se afirmando em várias partes do mundo. Eles têm caráter transversal e acolhem diferentes disciplinas, como zoologia, ecologia, etologia, filosofia, ciências políticas, antropologia, direito, artes e literatura, em torno de dois grandes eixos: um sobre o enfoque multifacetado dos animais não humanos e outro que se volta para nossas complexas e controversas relações com eles. Zooliteratura e zoopoética seriam vertentes dessa extensa área. A primeira é um conjunto de práticas literárias, ou obras, de um autor, de um país, de uma época, que privilegiam a abordagem dos animais, da animalidade e das



Maria Esther Maciel,
professora da
UFMG que estuda
zooliteratura e
zoopoética

relações entre humanos e não humanos. Já a segunda diz respeito tanto ao estudo teórico de obras literárias sobre animais quanto à produção poética específica de um autor, voltada para o universo animalista. Minhas reflexões mais amplas sobre a questão dos animais se constroem a partir de referências filosóficas, biológicas, biopolíticas e ecológicas. Já a zooliteratura e zoopoética me ajudam a fazer um exame mais específico dessa questão na teoria literária e na análise de textos narrativos e poéticos que falam sobre os animais e as interações animalidade/humanidade. Costumo dizer que a zooliteratura possibilita uma compreensão dos animais também pelo viés dos sentidos, da empatia e da imaginação, uma vez que os exercícios poético-ficcionais da literatura podem

nos levar à travessia das fronteiras entre as espécies e ao reconhecimento da animalidade que nos habita.

Quais são as interseções entre a zooliteratura e áreas do conhecimento como antropologia, filosofia, biologia, zoologia, sociologia e artes?

O próprio prefixo “zoo” na palavra zooliteratura já indica uma incursão em outras esferas do conhecimento, a partir das interseções que atravessam os estudos animais. As ciências biológicas, em especial a zoologia e a etologia, oferecem aos estudiosos de zooliteratura informações importantes sobre características, comportamentos, habilidades, emoções e modos de vida de diferentes espécies, enquanto as demais áreas das humanidades que você mencionou iluminam as

dimensões éticas, políticas e estéticas, relativas ao mundo zoo, que incidem na literatura.

Como e quando você começou a se interessar por esse tema e qual a recepção dele no mundo acadêmico?

Esse tema sempre esteve no meu horizonte, mas só a partir de 2007 passei a me dedicar a ele de forma mais efetiva. Isso aconteceu durante minha pesquisa anterior sobre inventários, coleções e enciclopédias na literatura e nas artes, quando fui parar nas antigas enciclopédias da natureza e nos bestiários medievais. Ao ler *A história dos animais*, de Aristóteles [384 a.C.-322 a.C.], as passagens zoológicas da *História natural*, de Plínio, o Velho [23-79 d.C.], e as *Etimologias*, de Santo Isidoro de Sevilha [560-636], entrei na seara zoo. O *Manual de zoologia fantástica*, de Jorge Luis Borges [1899-1986], e outros animalários latino-americanos vieram em seguida. Se, no início, meu foco estava nas coleções de animais existentes e fantásticos desses autores, depois me concentrei em diferentes registros literários, éticos e culturais do que chamei de “zoocoleções”. O contato com dois ensaios de Montaigne [1533-1592] sobre animais e, mais tarde, com as obras de J. M. Coetzee, Elisabeth de Fontenay, Jacques Derrida [1930-2004] e Armelle Bras-Chopard também foi fundamental. Esses textos me levaram a “saltar” da história natural e do saber enciclopédico para a esfera da vida, com todas as suas inflexões éticas e políticas. A partir de então, a pesquisa



foi se desdobrando em várias etapas. Escrevi, ao longo desses anos, três livros de ensaio sobre o tema e um de ficção, todo centrado em animais e plantas, *Pequena enciclopédia de seres comuns* [Editora Todavia, 2021]. Quanto à recepção no mundo acadêmico, desde o início minha pesquisa foi acolhida: recebi uma bolsa do CNPq [Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico] e tive também o apoio do Instituto de Estudos Avançados Transdisciplinares [Ieat] da UFMG, onde fui pesquisadora residente. Se houve alguma resistência inicial de colegas da esfera acadêmica, aos poucos isso começou a arrefecer. Hoje, percebo um interesse crescente pelos estudos zooliterários no Brasil, em articulação sobretudo com a ecocrítica. Afinal, vivemos num tempo marcado não apenas por catástrofes ambientais e descobertas impressionantes no âmbito dos estudos de comportamento animal, como também pela emergência de pensamentos alternativos, como a do perspectivismo ameríndio.

Em *Animalidades: Zooliteratura e os limites do humano* você dedica capítulos a Machado de Assis [1839-1908], Clarice Lispector [1920-1977], Hilda Hilst [1930-2004] e Carlos Drummond de Andrade [1902-1987]. Por que a escolha?

Como se trata de uma pesquisa extensa, com um enorme repertório de autores, procurei abordar quem mais se dedicou a esse universo zooliterário, em sintonia com os tópicos contemplados no livro. Nos meus livros anteriores tratei de nomes como Borges, Coetzee, Marianne Moore [1887-1972], Eva Hornung, Jacques Roubaud, João Guimarães Rosa [1908-1967] e Graciliano Ramos [1892-1953]. Machado de Assis e Clarice Lis-

pector também ganharam destaque no *Literatura e animalidade*, só que sob outros enfoques. No caso do *Animalidades*, que é mais concentrado nos “eus” não humanos presentes em poemas e narrativas, com ênfase nos cães, tanto Machado quanto Clarice me ofereceram muitos elementos instigantes para lidar com esse recorte. Outra autora importante na minha reflexão sobre o que chamei de “zoo(auto)biografia” foi a japonesa Yoko Tawada. Hilda Hilst está no capítulo de Clarice graças a suas afinidades dissonantes com a obra clariciana. E Drummond, um dos primeiros autores brasileiros a tratar dos animais sob o prisma ecológico, foi primordial para que, no último capítulo, eu entrasse nas

poéticas da natureza e me detivesse em autores contemporâneos que dialogam com as culturas ameríndias.

Ao citar a escritora Marguerite Yourcenar [1903-1987], você sugere uma associação entre maus-tratos/práticas de violência contra animais e a marginalização e exploração de grupos de humanos. Poderia falar sobre isso?

Em decorrência da cisão entre humanidade/animalidade efetuada pelo pensamento antropocêntrico e da consequente demarcação dos chamados “próprios do homem”, como razão, linguagem e consciência da morte, os animais foram ostensivamente marginalizados na hierarquia dos seres vivos, associados a máquinas e submetidos a todos os tipos de exploração e atrocidades. Isso contribuiu não apenas para legitimar os atos de crueldade contra eles, como também para estabelecer hierarquias e práticas de violência nas relações dos humanos com os próprios humanos tidos como “inferiores” na escala social. Montaigne já havia atentado para isso num de seus ensaios, ao falar do aprisionamento e da exploração do animal como uma prerrogativa humana para a escravização de pessoas cujas vidas são tidas como menos importantes que outras. Essa dimensão biopolítica também está na associação feita por Michel Foucault [1926-1984] entre a criação dos zoológicos e dos presídios e manicômios. No livro *Literatura e animalidade*, busquei explorar essa relação, sobretudo ao tratar da obra de Coetzee. Yourcenar abordou o tema de forma bastante contundente no ensaio *Para onde vai a alma dos animais*, de 1981: ela percorre a história do sofrimento animal desde a tradição judaico-cristã até a atuali-



Os animais foram marginalizados na hierarquia dos seres vivos, associados a máquinas e submetidos a todos os tipos de exploração e atrocidades



Nesta página e na outra, cenas do filme *Coração de cachorro* (2015), dirigido por Laurie Anderson

dade e ressalta a condição infernal dos bichos que são condenados a se tornar produtos fabricados em série. Depois, associa esse sofrimento ao dos humanos explorados e submetidos à violência pelo poder de outros homens.

Ao citar a morte da cadela Lolabelle, da cantora norte-americana Laurie Anderson, e mencionar a associação entre este fato e as mortes da mãe da artista e de seu companheiro Lou Reed [1942-2013], você diz que a morte de um cão amado tende a trazer à tona outras mortes. De que forma lidar com a perda de animais próximos nos prepara para enfrentar a morte de humanos que amamos?

A perda de animais de estimação não apenas nos prepara para enfrentar a morte de humanos que amamos, mas também traz à tona as mortes que já aconteceram em nosso círculo familiar, amoroso. Quando escrevi esse capítulo, em que falo sobre a morte de Lolabelle, eu estava num processo de luto pela perda de minha amada cachorra Lalinha, de 15 anos. Meu marido havia morrido três anos antes, e minha mãe morreria três anos depois. O filme [*Coração de cachorro*, 2015] que Laurie Anderson fez sobre sua cachorra, dedicado a Lou Reed, até hoje mexe comigo. A perda da minha amiga canina me levou a desenvolver a etapa da pesquisa intitulada “Cães literários”, o que explica a presença de tantos cachorros no livro *Animalidades*. Além disso, os estudos da americana Marjo-

rie Garber [professora da Universidade de Harvard, nos Estados Unidos, que transita pela literatura, artes, gênero e sexualidade] e do jornalista francês Roger Grenier [1919-2017] contribuíram para as minhas reflexões sobre o tema das mortes caninas.

Guimarães Rosa parecia ter um apreço especial pelo espaço do zoológico. Existe uma contradição entre amar os animais, mas aceitar observá-los em espaços de confinamento?

Rosa foi, sem dúvida, o maior animalista da literatura brasileira. Animais rurais, domésticos e silvestres, de diferentes espécies, aparecem em sua literatura, em situações variadas. Não acho que a relação dele com o zoológico enquanto instituição tenha sido de apreço. Ele visitou zoológicos em várias cidades do mundo para observar os bichos e escrever sobre eles, num exercício também de compaixão. Não por mero entretenimento. Nos fragmentos da série *Zoo*, do livro *Ave palavra*, é possível perceber uma mistura de curiosidade, assombro, ternura e empatia em relação às dezenas de espécies que ele descreveu, sempre atento às particularidades de comportamento de cada um dos bichos que encontrou nesses zoológicos. Outros escritores fizeram isso, principalmente como forma de crítica às práticas de confinamento, a exemplo de Patricia Highsmith [1921-1995], José Emilio Pacheco [1939-2014] e Ted Hughes [1930-1998]. A escritora Yoko Tawada, que escreveu *Memórias de um urso polar* [Editora Todavia, 2019] e lidou com a realidade perversa dos zoológicos, também teve contato direto com esses espaços na Alemanha, para ver com os próprios olhos a vida triste dos bichos confinados. Rosa gostava

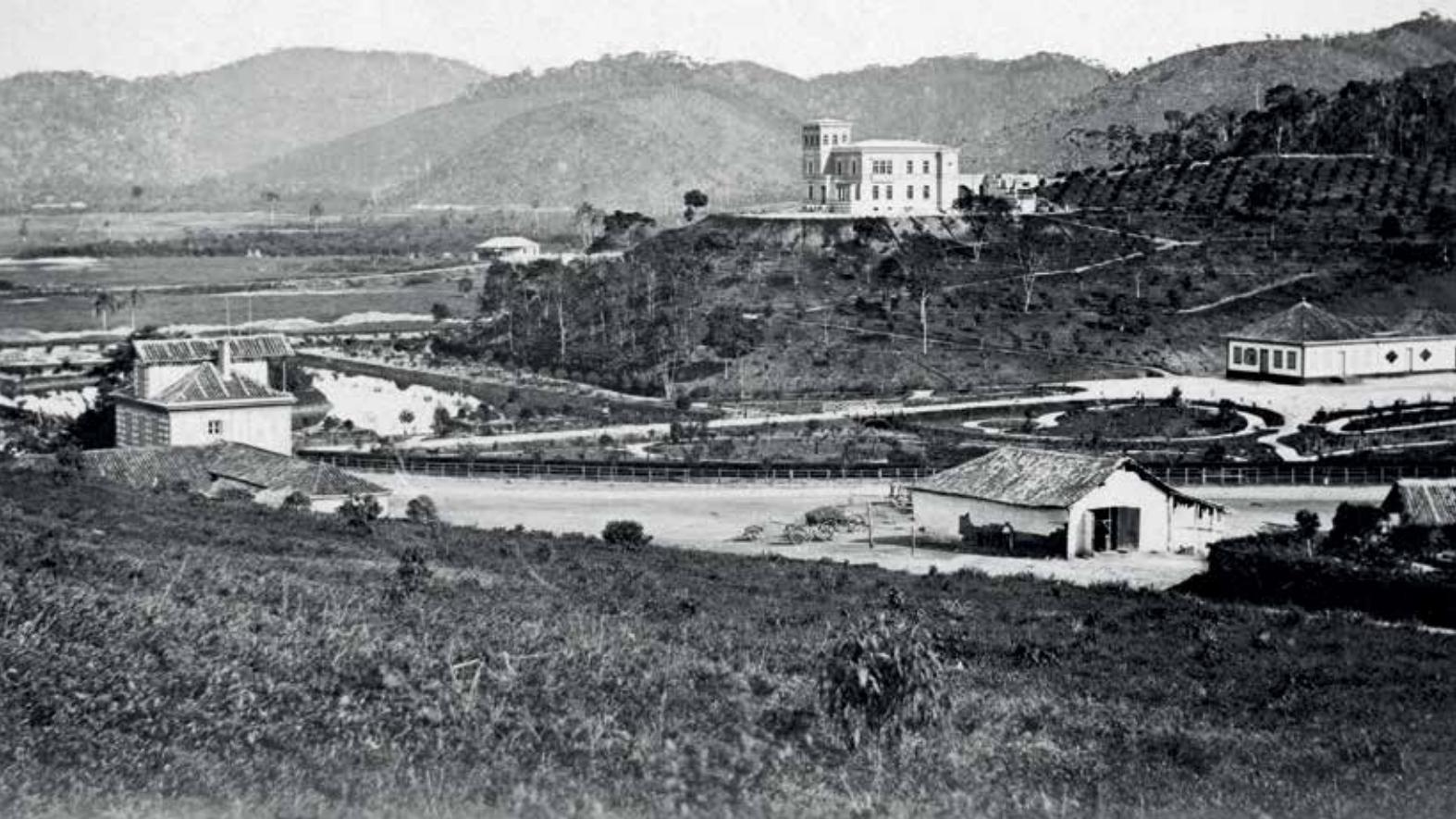
de sondar ao vivo muitas das situações que levava para seus textos e chegou a acompanhar vaqueiros em longas viagens pelo interior de Minas Gerais e Mato Grosso, para registrar as vidas humanas e não humanas. Ele deu atenção especial aos animais nesses registros, tratando-os como sujeitos, como indivíduos providos de personalidade e saberes sobre a vida.

A zooliteratura vem para chamar a atenção para a urgência de uma reação frente às catástrofes ambientais e à extinção de espécies?

Sim. A zooliteratura, ampliada pelas suas interseções com a ecocrítica, as contribuições do perspectivismo ameríndio e as discussões recentes sobre o conceito de Antropoceno, chama, mais do que nunca, nossa atenção para a destruição das florestas, o desaparecimento das inúmeras espécies animais e vegetais, a dizimação dos povos originários, o envenenamento dos rios e a terrível condição dos animais nas granjas e fazendas industriais, entre outros problemas que têm convertido nosso planeta numa terra desolada. A emergência da literatura indígena também tem sido muito importante para ampliar o que podemos denominar de zoo(eco)literatura.

Olhar para os animais é, de certa forma, um contraponto à era em que vivemos, marcada e dominada pela tecnologia?

Não apenas olhar para eles, mas também trocar olhares com eles, ver esses animais sem invadir seus espaços de intimidade nem ignorar suas particularidades. Dessa forma, podemos enfrentar, na medida do possível, a robotização da vida. ■



AS PRIMEIRAS ESTRADAS DE RODAGEM DO BRASIL

Construídas com técnicas escocesas de pavimentação a partir de meados do século XIX, as rodovias eram uma forma de promover a integração territorial

Danilo Albergaria

S em pavimentação, estreitas e perigosas, com declives e aclives íngremes e curvas fechadas, as estradas pelas quais circulavam pessoas e mercadorias entre o interior e as cidades do litoral brasileiro até o início do século XIX eram muito precárias, mesmo para os padrões da época. Como os carros de bois dificilmente circulavam por esses caminhos, o frete era caro e o transporte de carga tinha de ser feito sobre o lombo de animais, como burros e mulas. Não era incomum que alimentos estragassem durante as longas viagens.

A situação começou a mudar quando cafeicultores do interior dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, onde ganhava espaço a então principal riqueza econômica do país, reivindicaram do governo melhores estradas para escoar a produção até os portos de Santos e do Rio de Janeiro. Na metade do século XIX, a pressão resultou na abertura de estradas de rodagem nos moldes das construídas na Inglaterra desde o final do século XVIII.

Segundo a engenheira civil Liedi Legi Bernucci, professora da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) e presidente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), a Revolução Industrial, iniciada no Reino Unido na segunda metade do século XVIII, gerou a necessidade de escoamento rápido e barato da produção. O engenheiro escocês John McAdam (1756-1836) havia inventado nessa época um método de construção de estradas com superfície lisa e resistente que se mostrou bastante oportuno e foi largamente adotado.

“McAdam percebeu que poderia reduzir a espessura do pavimento ao preenchê-lo com camadas de pedras cada vez menores”, descreve Bernucci. Pedras de 5 centímetros (cm) a 7,5 cm de diâmetro formavam a base do pavimento, coberto com pedras progressivamente menores, com diâmetro de 2 cm ou menos. “Para reduzir o desgaste da pavimentação, as pedras bem pequenas eram colocadas acima das maiores e nos vazios entre elas.”

No século XIX, o termo macadamização tornou-se sinônimo de métodos

de construção ligeiramente diferentes que obedeciam ao mesmo princípio de encaixe com pedras de tamanhos diversos e resultavam em estradas de custo menor que o da técnica tradicional, adotado desde a Roma Antiga. Segundo Bernucci, a espessura do pavimento das estradas macadamizadas tinha por volta de 25 cm, enquanto o das romanas era de 1 metro. Foi com a técnica escocesa que o governo imperial brasileiro começou a abrir estradas pavimentadas e mais amplas que as anteriores a 1850.

Inaugurada em 1861, um dos primeiros trajetos macadamizados do Brasil, a Estrada União e Indústria, que ligava Petrópolis (RJ) a Juiz de Fora (MG), foi a mais importante dessa época. Com 144 quilômetros (km) de extensão e 8 metros (m) de largura, em média, permitia a circulação de carruagens à então incrível alta velocidade de 20 quilômetros por hora (km/h) e em ambos os sentidos. O trajeto de cerca de 12 horas entre as duas cidades atendeu aos interesses dos cafeicultores acionistas da Companhia União e Indústria, que a construiu em cinco anos.

Antes da União e Indústria, porém, houve outras duas, menos conhecidas. Em 1850, diante da pressão dos fazendeiros por melhores condições de escoamento do café, o governo do Rio de Janeiro financiou a construção de uma estrada macadamizada entre Mangaratiba, então o principal porto de exportação do café produzido no Vale do Paraíba e do sul de Minas, e a vila serrana de São João do Príncipe, hoje município de São João Marcos. As obras começaram em 1855 e duraram dois anos. Inaugurada em maio de 1857, a Estrada de Mangaratiba tinha 22 km de extensão, substituindo o precário caminho pelo qual tropas de mulas cortavam a serra do Piloto, próxima ao litoral fluminense, para levar toneladas de café até o porto situado entre a capital e a cidade de Paraty.

“Mangaratiba é, de fato, a primeira estrada de rodagem do Brasil”, afirma a geóloga Soraya Almeida, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Com a também geóloga Simone Oliveira, ela percorreu os poucos trechos que ainda exibem parte da pavimentação antiga e não foram asfaltados e

Carta topográfica de 1861, elaborada por Franz Keller, da estrada construída pela Companhia União e Indústria desde o Vale do Paraíba até o sul de Minas Gerais (escala 1:100.000)





Remanescentes da pavimentação original da Estrada de Mangaratiba

incorporados à rodovia Luiz Ascendino Dantas, conhecida como RJ-149, entre Mangaratiba e Rio Claro, também no interior fluminense. As duas pesquisadoras também examinaram as ruínas do antigo trecho serrano conhecido como Estrada do Atalho, que não pôde ser incorporado à nova estrada.

Elas confirmaram a informação que o engenheiro inglês Edward Webb (1820-

-1879), gerente técnico do projeto entre 1855 e 1858, enviou por carta ao imperador dom Pedro II (1825-1891): o método de construção não foi o de McAdam, mas de outro engenheiro escocês, Thomas Telford (1757-1834). Nesse caso, as pedras da base do pavimento eram maiores, com diâmetro entre 15 cm e 30 cm, e a estrada tinha três camadas, com outra de pedras menores e cascalhos de 2 cm de diâme-

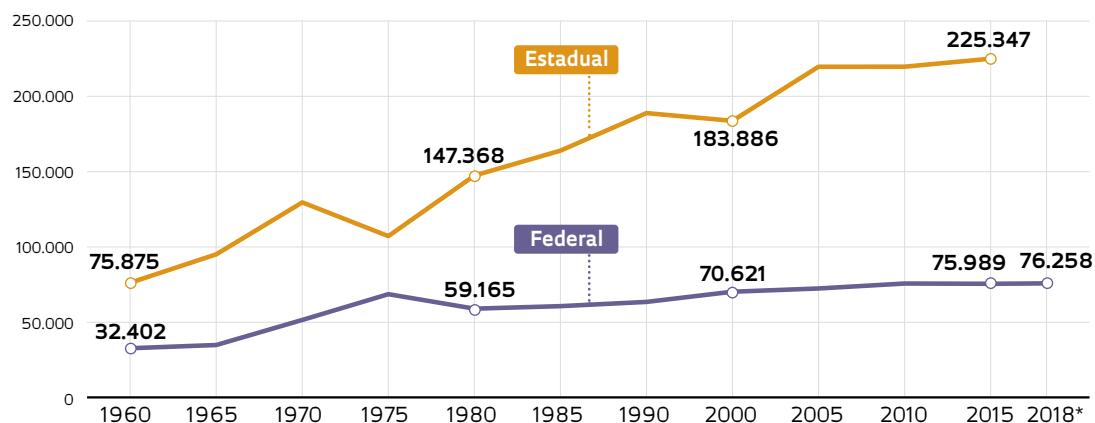
tro na superfície. Era uma técnica mais adequada ao clima chuvoso da região, mas depois de pronta a pavimentação era indistinguível da proposta por McAdam. Webb concebeu até mesmo uma forma de tornar a cobertura de pedras ainda mais resistente às chuvas, aplicando “uma camada de argila compactada com rolo compressor de ferro fundido para facilitar a rodagem”, como as geólogas descreveram em um artigo publicado em novembro de 2022 na revista *Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material*.

Os engenheiros da época consideraram a Estrada de Mangaratiba a melhor do Brasil naquele período, já que o tempo de viagem por ela era oito vezes menor que o da estrada anterior, bastante rústica. O transporte de café pelo caminho, porém, durou pouco. “Os fazendeiros queriam uma estrada de qualidade, mas reclamavam do preço do pedágio cobrado pela empresa que construiu e administrava a estrada”, afirma Almeida.

Em 1860, a disputa política levou à falência a Cia. Estrada de Mangaratiba, cujas contas foram rejeitadas por órgãos do governo; uma auditoria posterior questionou a análise e mostrou que o custo dos fretes havia caído e não aumentado, como os fazendeiros argumentavam. De todo modo, na década de 1860 a construção de ferrovias para o escoamento do café para o porto do Rio de

Evolução da malha rodoviária

Rede estadual de estradas pavimentadas e não pavimentadas se expande mais rapidamente que a federal (em km)



* Dado não disponível, porque a partir de 2016 a Confederação Nacional do Transporte reuniu os totais das rodovias estaduais e municipais.
FONTE: MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES / CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE

Janeiro reduziu drasticamente o tráfego e a estrada foi aos poucos abandonada.

Outra estrada da mesma época teve um destino parecido. Em agosto de 1857, na região do vale do rio Mucuri, em Minas Gerais, foi inaugurada uma estrada ligando as vilas de Santa Clara, hoje município de Nanuque, e Filadélfia, atual Teófilo Otoni. Com 170 km e 54 pontes de madeira, tinha sido construída pela Companhia de Navegação e Comércio do Mucuri, empresa fundada em 1847 pelo empresário Teófilo Benedito Otoni (1807-1869) com apoio do governo imperial, com o propósito de desenvolver o nordeste mineiro por meio da abertura de rotas de comércio para o Rio de Janeiro, de modo a ter uma saída para o mar.

Em 1859 trafegaram por ela “mais de 40 carros particulares puxados por bestas, 200 carros de boi e 400 lotes de burros”, de acordo com um estudo do historiador Creso Coimbra publicado pelo Ministério dos Transportes em 1974. Mas a circulação de mercadorias foi abaixo do esperado, o governo encampou a empresa de Otoni em 1861 e a estrada, sem manutenção e uso que a justificasse, decaiu rapidamente.

“No período colonial, as estradas, mesmo muito precárias, eram importantes para delimitar as fronteiras e controlar o contrabando de metais e pedras preciosas”, afirma o historiador Télió Anísio Cravo, em estágio de pós-doutorado no Instituto de Estudos Políticos (SciencesPo) de Paris. “Mais tarde, no

Império, passam a ter as funções de integração do Estado-nação e de arrecadação de impostos, além do controle da produção e da circulação de mercadorias.”

Apesar da importância das estradas para o desenvolvimento econômico, o Brasil do final do século XIX tinha apenas cerca de 400 km de rodovias macadamizadas. Na década de 1930, os 805 km de estradas desse tipo e os 104 km de estradas de concreto e concreto asfaltado não completavam mil quilômetros de rodovias no país. Nos anos 1950, quando o asfaltamento começou a engrenar, o país ainda tinha apenas 1.300 km de rodovias pavimentadas, enquanto a Argentina desfrutava de 10 mil km.

Foi apenas a partir de 1956, com o início do governo de Juscelino Kubitschek (1902-1976), que o Brasil começou a construir rodovias em larga escala. O projeto de JK era investir em transporte rodoviário para atrair as indústrias automobilísticas para o país. A estratégia atingiu o objetivo, ainda que à custa do descuido com a manutenção das ferrovias. “Foi uma opção totalmente errada, porque as formas de transporte são complementares, não concorrentes”, avalia Bernucci.

Nos anos 1960 e 1970, durante os governos militares, houve outra explosão na construção de rodovias, com financiamento externo. Encerrada a fase de rápido crescimento na década de 1970, conhecida como milagre econômico, o

investimento minguou e a manutenção das estradas voltou a ser negligenciada. Nos Estados Unidos, era comum o monitoramento de longo prazo das rodovias, já que conheciam os processos de envelhecimento da malha rodoviária, “uma experiência que só tivemos 50 anos depois da expansão promovida por JK”, acentua a engenheira da USP.

Segundo Bernucci, as rodovias norte-americanas e europeias são geralmente construídas para durarem de 20 a 30 anos (em alguns casos nos Estados Unidos, 40 anos) antes de precisarem de reformas, enquanto as brasileiras são projetadas para 10 anos. Essa é uma maneira de reduzir os custos da construção, ainda que encarecendo a manutenção a longo prazo e ampliando o impacto social, já que rodovias mal cuidadas podem provocar acidentes e perda de vidas humanas.

Atualmente não falta tecnologia para a construção de estradas no Brasil. Inaugurada em 1976, a rodovia dos Imigrantes (SP-160), por exemplo, foi construída na serra do Mar e liga a capital paulista aos municípios litorâneos da Baixada Santista. O objetivo foi desafogar a rodovia Anchieta, estreita e perigosa. O projeto foi considerado ousado na época por ter uma pista composta quase inteiramente de viadutos (44) e túneis (11 em uma pista e 14 na outra).

Com 58,5 km de extensão, a pista norte da Imigrantes é uma obra viária de alto nível e complexidade, segundo Bernucci. “Em muitos trechos, a fragilidade do terreno dificultou a construção dos viadutos, projetados para sofrer movimentação”, explica a pesquisadora. Em 2002 foi inaugurada a pista sul com quatro túneis – dois deles são os mais extensos do país, com 3.146 m e 3.009 m. Os viadutos e longos túneis foram a solução encontrada para que o impacto ambiental na serra fosse o menor possível.

Apesar do domínio tecnológico, o ritmo de construção e de ampliação de rodovias está aquém das necessidades do país, considerando-se o aumento da frota de veículos, de acordo com levantamentos da Confederação Nacional dos Transportes (CNT). Por sua vez, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) alerta que a falta de investimento em infraestrutura de transporte é um gargalo para o desenvolvimento econômico, encarece o frete e diminui a competitividade dos produtos brasileiros. ■



Construção da Imigrantes nos anos 1970, para desafogar o tráfego da capital paulista ao litoral



Como Francisco Inácio Bastos foi da psiquiatria à epidemiologia para ampliar o entendimento sobre o uso de drogas no Brasil

Quando chegou a hora do vestibular, pensei em estudar física. Gostava muito das aulas no antigo curso científico [equivalente ao atual ensino médio], e sempre gostei de matemática aplicada. Não tenho talento para lidar com abstrações e símbolos puros, mas sempre me interessei pelo uso das ferramentas da matemática para resolver problemas em áreas como física, química e biologia.

Procurei meu professor de física na época, em busca de orientação, mas ele me desanimou. Disse que a física era muito mais complicada do que aquela que eu tinha aprendido na escola. Como ele não me deu nenhuma orientação, fui à biblioteca olhar os livros de física. Simplesmente não entendi nada. Hoje consigo ler, mas na época tudo me pareceu impenetrável e desisti.

Eu tinha facilidade com línguas e sempre gostei muito de literatura, então pensei em fazer o curso de letras. A família da minha mãe veio do Leste Europeu para o Brasil, falavam alemão e alguns ídiche, e minha avó falava português sem nenhum sotaque. Mas eu tinha dúvidas, pensava em fazer medicina também. Meu pai era médico e deu aulas de psiquiatria por um tempo.

Acabei optando pela medicina por uma questão prática. Era o curso que me oferecia a chance de começar a trabalhar mais cedo e ter certa independência financeira. Eu sentia que logo precisaria começar a me virar, porque a situação em casa estava conturbada. Meus pais se separaram pouco depois de eu entrar na faculdade.

Entre na Universidade do Estado do Rio de Janeiro [UERJ] com 17 anos, em 1976. Quando estava no terceiro ano, precisei começar a trabalhar para me sustentar. Escrevia uma coluna de saúde num jornal de bairro e comecei a traduzir artigos científicos para tratados de medicina e outros livros técnicos, o que ainda faço eventualmente para revistas científicas. Trabalhava à noite e rápido, o que sempre me ajudou muito.

ITINERÁRIOS DE PESQUISA

INVENTÁRIO DOS DANOS

Até me aventurei uma vez na poesia. Um amigo me convenceu a entrar num concurso de traduções organizado pela Pontifícia Universidade Católica [PUC] do Rio de Janeiro e fiquei em segundo lugar. Traduzi um poema curto de T. S. Eliot, “Rhapsody on a windy night” [“Rapsódia numa noite de ventania”, na versão de Bastos].

No segundo ano da faculdade, descobri a neurociência. Tinha muita gente jovem renovando o estudo da fisiologia na época, alguns dos quais são até hoje meus amigos, e comecei a estudar a fisiologia do sistema nervoso. Era uma área que estava evoluindo muito. Havia um diálogo entre a ciência e as concepções mais filosóficas sobre a mente, fiquei fascinado com isso.

Estávamos começando a usar métodos quantitativos de outras ciências para o estudo do sistema nervoso. Como eu já gostava de matemática, foi uma festa para mim. Estudávamos a trajetória das ondas cerebrais e integrávamos a parte quantitativa aos aspectos mais descritivos da fisiologia. Era um diálogo muito interessante entre a matemática e as ciências naturais.

Quando eu estava no terceiro ano, o professor Carlos Telles voltou de uma temporada na Alemanha e criou a clínica de dor da Uerj. Foi a primeira do país.

A ideia era reunir profissionais de várias especialidades para tratar pacientes com dores crônicas. Eram casos difíceis, porque muitos tinham câncer em estado avançado e um histórico de tratamentos frustrados.

Eu tinha 20 anos e fiquei muito impressionado. Primeiro, porque esses pacientes eram jogados de um lado para o outro sem encontrar alívio para seu sofrimento. Depois, porque a morfina e outras substâncias que tínhamos para combater a dor podiam causar dependência. Achava que a medicina existia para aliviar o sofrimento, e foi ali que conheci o outro lado dela.

Essa experiência me influenciou muito e me levou a trabalhar depois com a dependência de drogas.

Depois de concluir a faculdade, fiz residência em psiquiatria e decidi fazer mestrado nessa área. Mas aí tive um encontro casual na *campus* com o professor Hesio Cordeiro. Ele disse que minha habilidade com métodos quantitativos podia ser útil na área de medicina social e me convenceu a fazer ali o mestrado. Foi uma dissertação mais conceitual sobre a questão das drogas e da dependência e sua evolução histórica.

Nessa época, fui chamado para trabalhar numa nova clínica aberta na Uerj para tratamento de dependentes de drogas e deixei a clínica de dor. Os estudos sobre o assunto eram muito incipientes no Brasil e havia pouca gente com a experiência necessária para lidar com ele. Falava-se muito de maconha, mas quase ninguém mexia com abuso de substâncias e coisas mais graves.

Após o mestrado, que concluí em 1988, fiz uma pausa de três anos. Continuei trabalhando na clínica, com tradução e edição de livros e revistas técnicas, mas estava em dúvida se deveria seguir carreira como pesquisador. Decidi pela pesquisa e cursei o doutorado na Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz [Fiocruz], a instituição com que estou até hoje.

O trabalho com dependentes de drogas na clínica influenciou muito minha pesquisa de doutorado, “Ruína & reconstrução: Aids e drogas injetáveis na cena contemporânea”. Na clínica, meu foco estava em riscos e danos associados às drogas. Comecei a trabalhar para sistematizar

SAIBA MAIS

III Levantamento Nacional sobre o Uso de Drogas pela População Brasileira



dados sobre overdoses e acidentes, e percebi que muitos pacientes estavam infectados pelo vírus da Aids. Era uma época, meados dos anos 1980, em que ainda se imaginava que só homens homossexuais se infectavam e muitos achavam que ninguém usava drogas injetáveis no Brasil.

Esses dependentes eram muito estigmatizados, por outros usuários de drogas e pelos traficantes, porque deixavam as seringas como rastros e isso facilitava a ação da polícia. No doutorado, usei técnicas de geoprocessamento para analisar os dados levantados pela pesquisa e mostrei uma forte associação dos casos de Aids em usuários de drogas e as rotas de distribuição de cocaína no país.

Durante o doutorado, que realizei entre 1992 e 1995, passei alguns meses como pesquisador visitante na Universidade de Hamburgo, na Alemanha, e lá pude conhecer melhor os programas de prevenção e tratamento de dependentes. Não existia nada parecido no Brasil. Os primeiros programas desse tipo começaram a ser implementados em meados da década de 1990 e pude colaborar com seu desenho.

Prestei concurso na Fiocruz após concluir o doutorado e iniciei minha carreira como pesquisador da instituição em 1997. Coordenei a pesquisa nacional sobre consumo de crack, publicada em 2014, e a pesquisa nacional sobre drogas cuja divulgação foi vetada pelo governo Bolsonaro em 2019. Pudemos publicar um relatório e diversos artigos, mas não disponibilizar o banco de dados com a íntegra dos resultados.

O debate sobre as drogas é muito politizado no mundo inteiro, e eu não tenho nenhuma vocação para a política. Mas tive que aprender a ser diplomático para realizar essas pesquisas e lidar com as inúmeras pressões que sofremos de governos e comunidades. A ação dos pesquisadores precisa ser entendida como uma ação de saúde, para que possamos nos desvincular da confusão que impera nessa área. ■

DEPOIMENTO CONCEDIDO A RICARDO BALTHAZAR



Um dos títulos da biblioteca de Bastos. O livro é sobre colóquio realizado em 1988, pelo Instituto de Letras da Uerj, no qual o médico coordenou as mesas sobre tradução e edição

Crítica e jornalismo na Belle Époque carioca

Tania Regina de Luca



Trincheiras da crítica literária. O crítico José Veríssimo nos circuitos jornalísticos da belle époque carioca
Rachel Bertol
Circuito/Faperj
272 páginas
R\$ 52,00

O livro *Trincheiras da crítica literária* é a versão retrabalhada da tese de doutoramento da professora Rachel Bertol, da Universidade Federal Fluminense (UFF), defendida em 2016 no Programa de Pós-graduação em Comunicação e Cultura da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Os primeiros pressupostos, a partir dos quais o leitor é convidado a entrar na obra, explicitam os objetivos e os desafios metodológicos que ultrapassam a recolha e análise da produção de José Veríssimo (1857-1916), autor que já conta com significativa fortuna crítica. De fato, a atuação do crítico é o fio de Ariadne que permite revisitar os circuitos de circulação cultural vigentes na passagem do século XIX para o XX, o que pressupõe inserir suas colaborações não apenas na geografia do jornal, mas também considerar as complexas relações entre as posições defendidas e a linha editorial do veículo e, ainda, as transformações na própria prática jornalística, aí incluídos a crítica literária e os papéis que lhe foram atribuídos no período.

Para tanto, ao lado dos diferentes títulos para os quais Veríssimo escreveu, a autora mobilizou um conjunto versificado de fontes, algumas inéditas, a exemplo das cartas que ele trocou, por vários anos, com o diplomata Oliveira Lima (1867-1928). Já as inspirações teóricas são discutidas de forma detida na primeira parte, que também apresenta o personagem, a atuação no Pará, onde nasceu, a chegada ao Rio de Janeiro em 1891, o círculo de amizades e a maneira como vivenciou o esmaecimento da crítica literária oitocentista frente ao crescente prestígio da reportagem, personificada em João do Rio (1881-1921), por ele caracterizado como um “repórter sem cultura”.

Na segunda parte, flagra-se a atuação do recém-chegado no *Jornal do Brasil*. A rápida ascensão do republicano no cotidiano monarquista é instigante por explorar convergências improváveis, mas possíveis no conturbado contexto da época, revisitado a partir de ampla análise do periódico, em sintonia com a proposta metodológica, adotada pela autora para todos os impressos analisados. Em fins de 1891, o jornal de Rodolfo Dantas estampou a primeira crítica de Veríssimo.

Se o livro *A educação nacional* (1890), que lançou ainda em Belém, foi o passaporte para adentrar no jornalismo e postar-se ao lado dos críticos do regime republicano, a análise da produção editorial contribuiu para firmar o seu nome e permitiu-lhe relançar a *Revista Brasileira* (1895-1899), que logo se tornou polo agregador da intelectualidade, tanto que foi na sua redação que se discutiu a fundação da Academia Brasileira de Letras (ABL). A autora bem ressalta a importância do impresso, que permaneceu como modelo matricial de revista literária e cultural, fonte de inspiração para congêneres, a exemplo da *Revista do Brasil* (1916).

O crítico rigoroso colecionou admiradores, mas também se envolveu em controvérsias que lhe valeram não poucos desafetos. Se Veríssimo ocupou as páginas do vetusto *Jornal do Commercio* (1899), cabe destacar que foi recrutado quando da fundação de dois importantes veículos do campo oposicionista: o *Correio da Manhã* (1902) e o *Imparcial* (1912), o que bem atesta o prestígio granjeado e o destemor de assumir posições. Acusado de não ser suficientemente patriota, pecado também atribuído a Machado de Assis (1839-1908), autor que resenhou com rara sensibilidade, foi alvo de ataques mordazes de Silvio Romero (1851-1914). Sua sinceridade custou-lhe a amizade com Euclides da Cunha (1866-1909), a favor de quem intercedeu para a publicação de *Os sertões* e cuja resenha pautou parte significativa das apreensões posteriores da obra.

Os embates acerca da concepção e da função da atividade crítica, as polêmicas por conta das resenhas, o prazer e os dissabores que os juízos que emitia despertavam, no mais das vezes confidenciais na correspondência, permitem distinguir clivagens no campo intelectual, que ganham densidade analítica graças à perspectiva metodológica adotada. A proposta não se limita a brincar o leitor com a trajetória de Veríssimo, o que já seria muito meritório, mas também restitui a complexidade e as ambiguidades do ambiente e das instâncias culturais do período, dentre as quais o jornalismo – e mais particularmente a crítica literária – ocupava o centro da cena.

Os embates acerca da concepção e da função da atividade crítica, as polêmicas por conta das resenhas, o prazer e os dissabores que os juízos que emitia despertavam, no mais das vezes confidenciais na correspondência, permitem distinguir clivagens no campo intelectual, que ganham densidade analítica graças à perspectiva metodológica adotada. A proposta não se limita a brincar o leitor com a trajetória de Veríssimo, o que já seria muito meritório, mas também restitui a complexidade e as ambiguidades do ambiente e das instâncias culturais do período, dentre as quais o jornalismo – e mais particularmente a crítica literária – ocupava o centro da cena.

Tania Regina de Luca é professora do Departamento de História da Unesp e autora do livro *A ilustração (1884-1892). Circulação de textos e imagens entre Paris, Lisboa e Rio de Janeiro* (Unesp/FAPESP, 2018).

PRESIDENTE

Marco Antonio Zago

VICE-PRESIDENTE

Ronaldo Aloise Pilli

CONSELHO SUPERIOR

Carmino Antonio de Souza, Helena Bonciani Nader, Herman Jacobus Cornelis Voorwald, Ignácio Maria Poveda Velasco, Liedi Legi Bariani Bernucci, Mayana Zatz, Mozart Neves Ramos, Pedro Luiz Barreiros Passos, Pedro Wongtschowski, Thelma Krug

CONSELHO TÉCNICO-ADMINISTRATIVO**DIRETOR-PRESIDENTE**

Carlos Américo Pacheco

DIRETOR CIENTÍFICO

Marcio de Castro

DIRETOR ADMINISTRATIVO

Fernando Menezes de Almeida

Pesquisa

ISSN 1519-8774

FAPESP

COMITÊ CIENTÍFICOLuiz Nunes de Oliveira (*Presidente*), Agma Juci Machado Traina, Américo Martins Craveiro, Anamaria Aranha Camargo, Ana Maria Fonseca Almeida, Angela Maria Alonso, Carlos Américo Pacheco, Claudia Lúcia Mendes de Oliveira, Deisy das Graças de Souza, Douglas Eduardo Zampieri, Eduardo de Senzi Zancul, Euclides de Mesquita Neto, Fabio Kon, Flávio Vieira Meirelles, Francisco Rafael Martins Laurindo, João Luiz Filgueiras de Azevedo, José Roberto de França Arruda, Lilian Amorim, Lucio Anghes, Luciana Harumi Hashiba Maestrelli Horta, Luiz Henrique Lopes dos Santos, Mariana Cabral de Oliveira, Marco Antonio Zago, Marie-Anne Van Sluys, Maria Julia Manso Alves, Marta Teresa da Silva Arretche, Reinaldo Salomão, Richard Charles Garratt, Roberto Marcondes Cesar Júnior, Wagner Caradori de Amaral e Walter Colli**COORDENADOR CIENTÍFICO**

Luiz Nunes de Oliveira

DIRETORA DE REDAÇÃO

Alexandra Ozorio de Almeida

EDITOR-CHEFE

Nelson Marcolin

EDITORES Fabrício Marques (*Política C&T*), Carlos Fioravanti, Marcos Pivetta, Maria Guimarães e Ricardo Zorzetto (*Ciência*), Ana Paula Orlandi (*Humanidades*), Yuri Vasconcelos (*Tecnologia*)**REPÓRTER** Christina Queiroz**ARTE** Claudia Warrak (*Editora*),Júlia Cherem Rodrigues e Maria Cecília Felli (*Designers*), Alexandre Alfonso (*Editor de Infografia*), Felipe Braz (*Designer digital*), Amanda Negri (*Coordenadora de produção*)**FOTÓGRAFO** Léo Ramos Chaves**BANCO DE IMAGENS** Valter Rodrigues**SITE** Yuri Vasconcelos (*Coordenador*), Jayne Oliveira (*Coordenadora de produção*), Kézia Stringhini (*Redatora on-line*)**MÍDIAS DIGITAIS** Maria Guimarães (*Coordenadora*), Renata Oliveira do Prado (*Editora de mídias sociais*), Vitória do Couto (*Designer digital*)**VÍDEOS** Christina Queiroz (*Coordenadora*)**RÁDIO** Fabrício Marques (*Coordenador*) e Sarah Caravieri (*Produção*)**REVISÃO** Alexandre Oliveira e Margô Negro**REVISÃO TÉCNICA** Ana Maria Fonseca, Célio Haddad, Claudia Lucia Mendes de Oliveira, Deisy de Souza, Francisco Laurindo, Jean Ometto, José Roberto Arruda, Marie-Anne Van Sluys, Ricardo Rodrigues, Ricardo Hirata**COLABORADORES** Ana Carolina Fernandes, Danilo Albergaria, Everton Ballardin, Frances Jones, Francesca Angiolillo, Felipe Mayerle, Gilberto Stam, Joana Santa Cruz, Letícia Naisa, Livia Serri Francoio, Ricardo Balthazar, Sarah Schmidt, Sinésio Pires Ferreira, Soraia Vilela, Suzel Tunes, Tania Regina de Luca, Vinícius Pereira Pinto**MARKETING E PUBLICIDADE** Paula Iliadis
CIRCULAÇÃO Aparecida Fernandes (*Coordenadora de Assinaturas*)
OPERAÇÕES Andressa Matia
SECRETÁRIA DA REDAÇÃO Ingrid Teodoro**É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DE TEXTOS, FOTOS, ILUSTRAÇÕES E INFOGRÁFICOS SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO**
TIRAGEM 28.900 exemplares
IMPRESSÃO Plural Indústria Gráfica
DISTRIBUIÇÃO RAC Mídia Editora**GESTÃO ADMINISTRATIVA** FUSP – FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**PESQUISA FAPESP** Rua Joaquim Antunes, nº 727, 10º andar, CEP 05415-012, Pinheiros, São Paulo-SP**FAPESP** Rua Pio XI, nº 1.500, CEP 05468-901, Alto da Lapa, São Paulo-SP**SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Demência

É muito importante um trabalho que não se reduza à medicalização, mas também a outras terapias (“O peso da demência”, edição 329). Sobretudo aquelas voltadas à saúde mental, socialização e atividades físicas.

Ana Mendonça

É uma transição epidemiológica. Doenças crônicas e degenerativas aumentando em proporção e trazendo novos desafios para lidarmos.

Roberto Guandalini

Repatriação de exemplares

Interessante a reportagem “Memórias extraviadas” (edição 329). Apesar da questão de a repatriação de exemplares ser uma temática muito atual e necessária, considero igualmente importante a discussão das condições de conservação e os riscos a que as instituições com coleções importantes estão submetidas. Fundamental que também procuremos conscientizar quem tem o poder de decisão para que as instituições científicas e culturais de um país tenham à sua disposição os fundos necessários a fim de proteger as coleções de roubo, pragas e incêndios. Questões relativas à disponibilização desse material

por meio de exposições físicas ou digitais para o público são outra vertente importante que vejo pouco discutida.

Alexander W. A. Kellner

Integridade científica

Isso acontece no Brasil e não é de hoje (“Artigos de alunos são usados para aumentar citações de trabalhos de docentes”, edição 329). Talvez não tão organizado, mas acontece.

Fabiola de Oliveira

Vídeos

Tenho apenas o ensino médio, porém assuntos de tecnologia de ponta sempre me interessaram. O vídeo “Pela primeira vez, fusão nuclear gerou mais energia do que consumiu” é excelente, muito bem apresentado e objetivo.

Lourenço Gadelha

Ótimo o vídeo “Sirius, o maior e mais complexo laboratório brasileiro”. Mostrei para meus alunos e eles adoraram.

Gabriel Carlos de Souza

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

ASSINATURAS, RENOVAÇÃO E MUDANÇA DE ENDEREÇO

Envie um e-mail para assinaturaspesquisa@fapesp.br

PARA ANUNCIAR

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

EDIÇÕES ANTERIORES

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

LICENCIAMENTO DE CONTEÚDO

Adquira os direitos de reprodução de textos e imagens de *Pesquisa FAPESP*.
E-mail: redacao@fapesp.br

CONTATOS

revistapesquisa.fapesp.brredacao@fapesp.br

PesquisaFapesp

PesquisaFapesp

pesquisa_fapesp

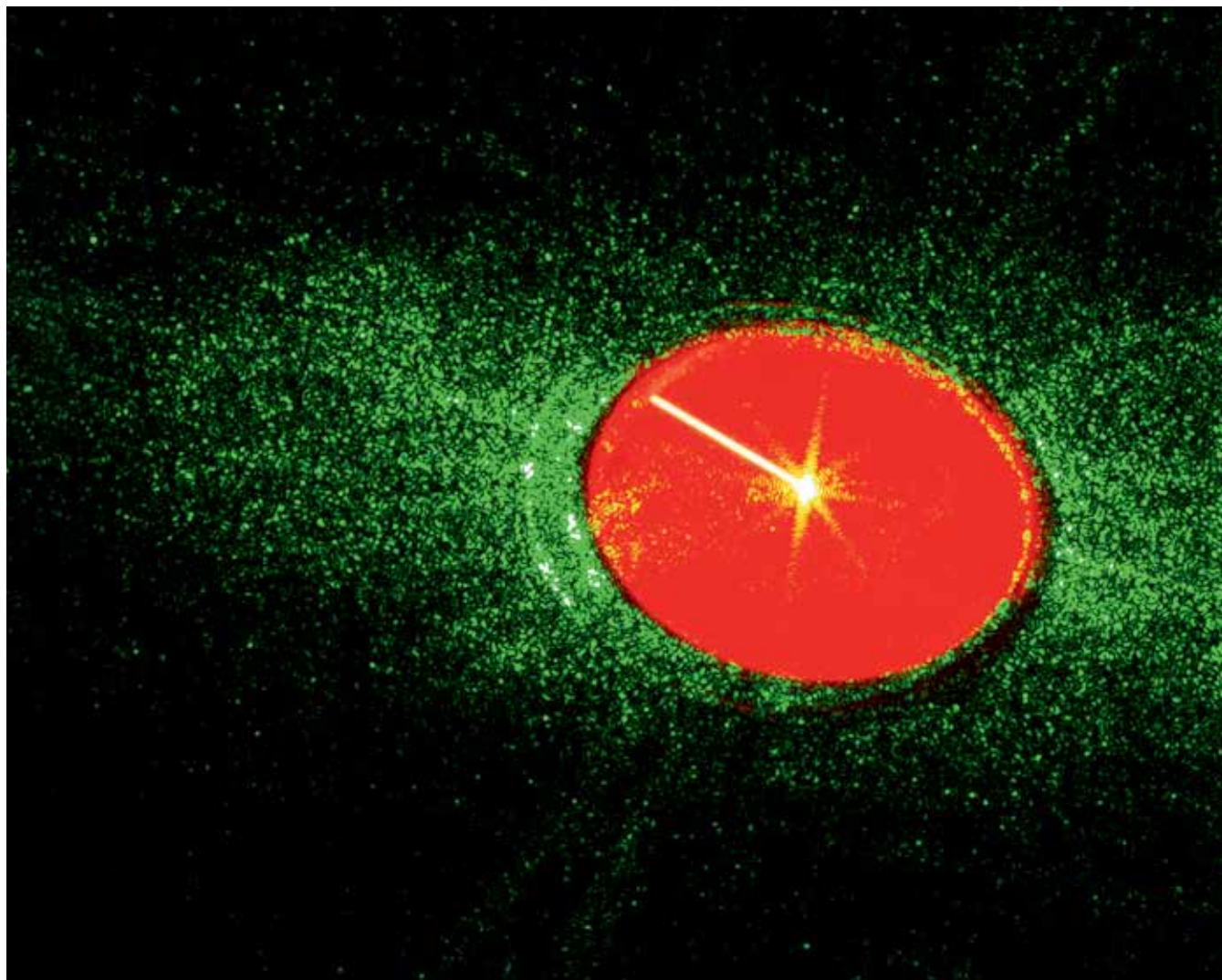
@pesquisa_fapesp

PesquisaFAPESP

pesquisa.fapesp

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

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



Estrela de laboratório

Visto bem de perto, o cristal encaixado no equipamento óptico de um laboratório de física guarda surpresas. Quando um feixe de laser incide sobre o cristal de safira com titânio, forma essa estrela luminosa que se espalha em uma infinidade de pontos verdes.

A espiadela na paisagem quase celeste é uma pausa na pesquisa, que envolve desenvolver experimentos com laser pulsado para usos de alta precisão, como gravação em metais, sem gerar corrosão, ou fazer cortes na córnea em cirurgia oftalmológica.

Imagem enviada pelo físico Vinícius Pereira Pinto, estudante de mestrado no Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (IFSC-USP)

TENHA PESQUISA FAPESP SEMPRE COM VOCÊ

Assine *Pesquisa FAPESP*,
a revista mensal com
reportagens sobre o mundo
da ciência, da tecnologia
e das humanidades

12 edições por

r\$ 100

assinatura regular

r\$ 79

professores

r\$ 57

estudantes

para assinar:



www.revistapesquisa.fapesp.br
assinaturaspesquisa@fapesp.br





À VENDA EM BANCAS
DE TODO O PAÍS