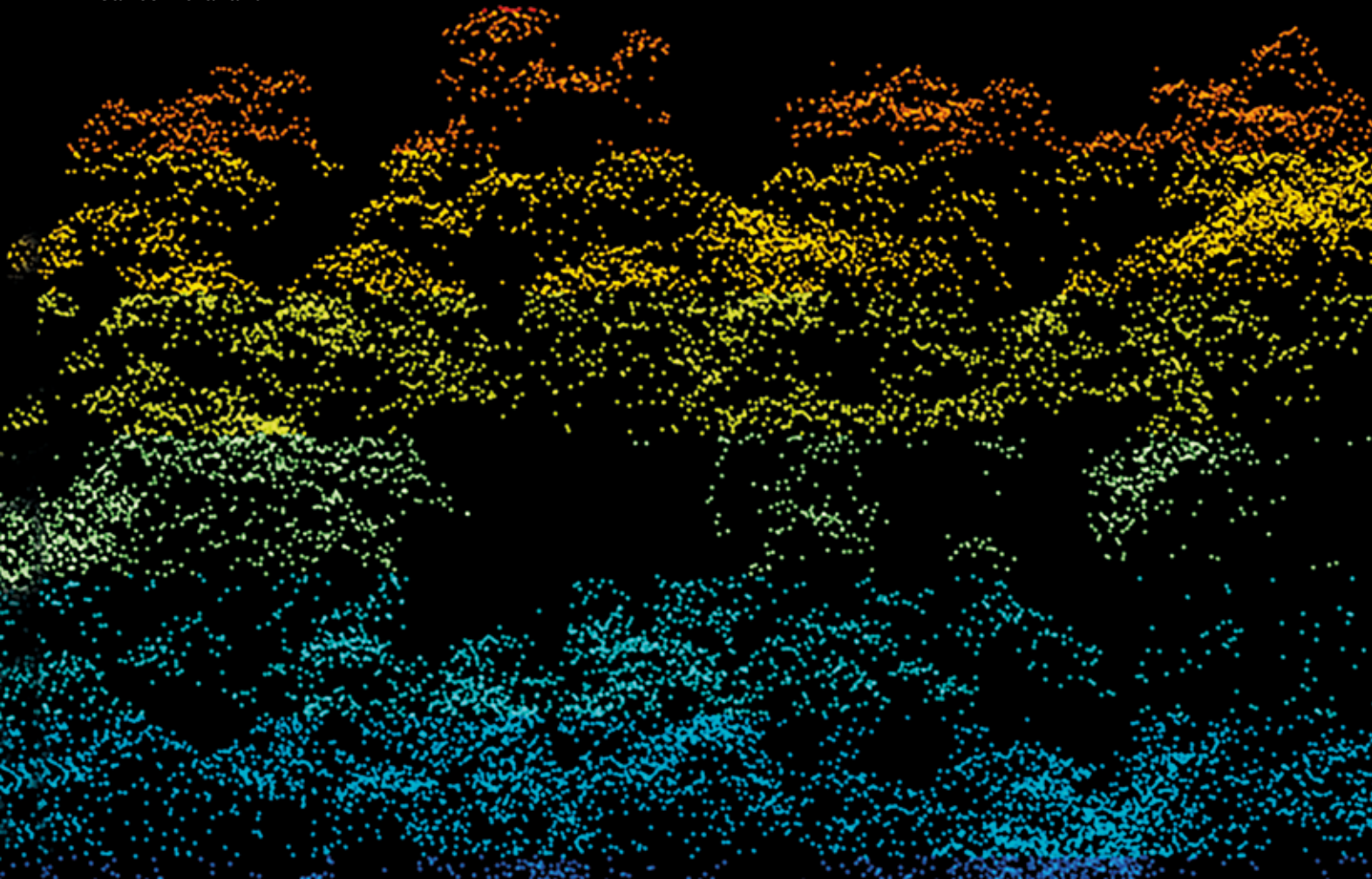


AS MÁQUINAS QUE TRANSFORMAM A BIOLOGIA

Sequenciadores de DNA, gravadores, drones e outros aparelhos de uso crescente permitem imensos ganhos de tempo e impõem uma reviravolta metodológica

Carlos Fioravanti



O ar que nos cerca não é um espaço inerte, apenas com oxigênio e nitrogênio, vapor-d'água, poeira e poluição. É um ambiente vivo, no qual continuamente nascem, se reproduzem e morrem milhões de microrganismos. Em 2019, análises de amostras de ar de Singapura e da Amazônia brasileira indicaram que as bactérias predominam durante o dia e os fungos à noite, com pouca variação ao longo do ano. Agora, também na cidade-estado asiática, verificou-se que essa divisão se mantém até mil metros (m) de altitude. Acima desse limite reinam bactérias adaptadas a altos níveis de radiação solar, mais raras nas camadas inferiores.

Esse estudo é um exemplo de como a pesquisa de campo em biologia apoia-se cada vez mais em montanhas de dados. O grupo de Singapura, coordenado pelo químico alemão Stephan Schuster, da Universidade Tecnológica de Nanyang (NTU), lidou com 795 amostras de ar coletadas em diferentes altitudes, identificou cerca de 10 mil espécies de microrganismos e, o mais impressionante, processou 2,2 terabytes de dados, o equivalente a 2 milhões de megabytes.

Os biólogos dedicados à pesquisa de campo vivem as reviravoltas que os geneticistas experimentaram há 20 anos, quando o número de genomas sequenciados crescia exponencialmente e impunha novos métodos de trabalho. Ao longo dos últimos 15 anos, geneticistas e ecólogos

começaram a usar sequenciadores de DNA mais poderosos, capazes de decifrar vários genomas ao mesmo tempo, que permitiram levantamentos amplos de organismos que vivem no solo, no ar, na água e mesmo dentro de outros seres.

Agora, não apenas os sequenciadores, mas também outros aparelhos que começaram a ser usados mais intensamente nos últimos cinco anos, como gravadores adequados ao trabalho de campo e drones, armazenam e processam quantidades antes inconcebíveis de informação e permitem ganho de tempo nas viagens às matas, aos campos e às savanas. O trabalho dos pesquisadores de campo ficou mais fácil, mas, por outro lado, os novos equipamentos exigem um conhecimento mais aprofundado de áreas como matemática, estatística e programação. Do mesmo modo, impõe-se o trabalho conjunto com especialistas em outros campos.

“A análise do microbioma do ar só foi possível com a colaboração entre biólogos, climatologistas, programadores e os engenheiros que adaptaram os instrumentos do avião de pesquisa para coletar dados para esse estudo”, comenta a bióloga Ana Carolina Martins Junqueira, desde 2017 na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que participou do estudo em Singapura.

No início dos anos 2000, durante o mestrado e doutorado na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), ela sequenciava o DNA mitocondrial de moscas-varejeiras – apenas um genoma por vez.

Imagem de um trecho de Mata Atlântica do Parque Estadual do Morro do Diabo, no Pontal do Paranapanema, produzida pela técnica Lidar. Cada ponto significa uma parte da vegetação (*folha ou galhos*) atingida pelo feixe de laser. As cores representam diferentes alturas da vegetação e os pontos azuis mais baixos o solo da floresta

Em 2011, ao chegar para um estágio de pós-doutorado na Universidade do Estado da Pensilvânia, nos Estados Unidos, encontrou máquinas mais poderosas, os sequenciadores de nova geração. E com elas pôde sequenciar, de uma só vez, todos os genomas de organismos que viviam nas vísceras de duas espécies de moscas, *Chrysomya megacephala* e *Musca domestica*, coletadas no Brasil e nos Estados Unidos. As análises registraram 431 espécies de bactérias, como *Helicobacter pylori*, causadora de úlceras e câncer de estômago, como detalhado em um artigo de novembro de 2017 na *Scientific Reports*.

Em 2014, Junqueira acompanhou Schuster, seu supervisor nos Estados Unidos, mudou-se para o Centre for Environmental Life Sciences Engineering (Scelse) da NTU, em Singapura, e participou da busca intensiva das comunidades de microrganismos. Os primeiros resultados caracterizaram um ciclo diário dos microrganismos que vivem em camadas do ar próximas do solo.

Um estudo complementar e com outros parâmetros de comparação – amostras coletadas perto do solo, de uma torre meteorológica e de um avião de pesquisa até uma altitude de 3.500 m – indicou que o ciclo diário se desfaz a uma altitude aproximada de mil metros e há uma estratificação: mais perto do solo há mais fungos, em altitudes intermediárias se espalham bactérias e acima desse limite uma diversidade menor de microrganismos, com abundância de bactérias tolerantes à radiação.

Paralelamente, em agosto de 2018 e março de 2019, pesquisadores do Paraná e do Amazonas coletaram 16 amostras de ar a 2 m e a 26 m de altura, no Observatório de Torre Alta da Amazônia (Atto), em uma área de floresta a 150 quilômetros (km) de Manaus. “Pouco se sabia dos tipos de microrganismos que circulavam no ar

de florestas brasileiras”, comenta o biólogo e coordenador do grupo, Luciano Huergo, do campus de Matinhos da Universidade Federal do Paraná (UFPR). As bactérias dos gêneros *Beijerinckiaceae* e *Azospirillum* se mostraram abundantes e chamaram a atenção por serem capazes de transformar o nitrogênio atmosférico (N_2) em amônio (NH_4), que as plantas conseguem absorver. Por essa razão, poderiam funcionar como um fertilizante natural.

O biólogo Marconi Campos-Cerqueira viu-se desorientado diante de muita informação em 2009, ao longo de seu mestrado integrado ao Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF), sediado no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), em Manaus. Ele tinha de identificar os pássaros da floresta apenas ouvindo o canto, sem vê-los. Os gravadores facilitaram sua tarefa, mas logo surgiu outro problema: ele tinha tantas horas gravadas que não conseguia mais dar conta de ouvir tudo e aproveitava muito pouco.

Por sorte, ele conheceu o biólogo norte-americano Mitchell Aide, que estava construindo um programa de computador para identificar espécies de aves por meio do

canto e o convidou para trabalhar com ele na Universidade de Porto Rico. Cerqueira mudou-se para lá, fez o doutorado com Aide e ajudou a desenvolver o programa chamado Arbimon,

O arapaçu-de-spix (*Xiphorhynchus spixii*), uma das espécies examinadas pela plataforma Arbimon; torre Atto, usada para coletar amostras de microrganismos no ar da Amazônia; e avião de pesquisa utilizado para colher amostras de ar em Singapura



2

3

sigla de Automated Remote Biodiversity Monitoring Network, que separa e identifica os sons de cada espécie. A versão mais recente, descrita em setembro de 2020 na revista *Ecological Informatics*, alcançou uma precisão de 89% na identificação automática de 24 espécies de aves e sapos em Porto Rico.

“O monitoramento acústico pode ser usado em combinação com outros métodos, porque ainda precisamos ir a campo para conhecer o ambiente, os hábitos e a dieta de cada espécie”, comenta Cerqueira, desde 2017 diretor científico da organização não governamental Rainforest Connection. Com acesso gratuito para pesquisadores, essa plataforma computacional abriga 2.163 projetos de pesquisa, 57 milhões de gravações, 29 mil análises e 2 mil sons de espécies de aves, anfíbios e outros animais terrestres e marinhos na América do Sul, Ásia, África e Europa.

Colaborador de Cerqueira e usuário do Arbi-mon, o biólogo Alexandre Camargo Martensen, do *campus* avançado de Buri da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), estuda 120 áreas próximas da Mata Atlântica. Sua equipe reuniu cerca de 1 milhão de minutos gravados de sons de aves, anfíbios e mamíferos.

Com base nas gravações e em conversas com moradores locais, a equipe da UFSCar encontrou 15 exemplares de uma perereca laranja e verde-limão, *Phrynomedusa appendiculata*, que não era vista desde 1970, em uma área de Mata Atlântica em Capão Bonito, interior paulista, como relatado em janeiro deste ano na *Zootaxa*.

Como Martensen, o biólogo Alexandre Uezu, do Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ), em Nazaré Paulista (SP), dedicava a maior parte do tempo ao trabalho de campo durante o mestrado e o doutorado, mas agora passa boa parte dos dias diante do computador, organizando, garimpando e analisando sons e imagens. Ele acompanha mudanças de uma área de Mata Atlântica no Parque Estadual da Cantareira, na Grande São Paulo, outra no Pontal do Paranapanema, no oeste do estado, com financiamento da China Three Gorges (CTG Brasil), e uma terceira no Alto Paranapanema, ao sul.

Gravadores instalados em 500 pontos amostrais já renderam cerca de 1,5 milhão de minutos. Ele obtém as imagens por meio de satélite e, mais recentemente, de uma técnica chamada Lidar (detecção de luz e medida de distância), que registra a variação de luz refletida pelas árvores, desde 2013 usada em levantamentos da floresta amazônica pelas equipes do PDBFF (ver Pesquisa FAPESP nº 205). Nesse caso, os feixes de laser determinam a altura das árvores e, quando possível, chegam ao solo, detalhando o relevo.

Para examinar o esperado crescimento de uma mata restaurada de uma área conectando uma unidade de conservação estadual e uma federal,

MUDANÇAS NA FORMA DE TRABALHO

Os aparelhos que identificam animais e plantas por meio de sons, imagens ou DNA facilitam a vida de pesquisadores e a elaboração de estudos de impacto ambiental, exigidos por órgãos do governo para licenciamento de obras ou de projetos de sequestro de carbono. Para que sejam eficazes, porém, as informações que geram devem ser gerenciadas com cuidado. “A avalanche de dados impõe mudanças na forma de analisar e armazenar a informação”, ressalta o biólogo Alexandre Camargo Martensen, da UFSCar.

Segundo ele, os dados coletados e o plano de pesquisa precisam ter um código, o chamado *script*, que reconhecerá as sucessivas versões, e ser depositados em banco de dados apropriados, enquanto a pesquisa é feita. “Nós mesmos fazemos os programas de análise, em linguagem R ou Python”, diz.

Alexandre Uezu, do IPÊ, reforça: “Como agora a informação é obtida mais facilmente, temos de dar mais atenção ao armazenamento e à análise”. Segundo ele, é melhor um resultado falso negativo – ou seja, não identificar uma espécie que poderia ser identificada – do que um falso positivo, equivocado. “Não pode ter frenesi em coletar dados sem antes definir bem o objetivo do trabalho”, recomenda Marconi Campos-Cerqueira. “É importante definir as hipóteses norteadoras do trabalho antes de começar a coletar as informações.”

Uezu, com sua equipe, usou informações registradas por Lidar feitas por sobrevoos tripulados em 2015, 2016 e 2017. Desse modo, eles identificaram um crescimento de 35% na biomassa da mata entre as duas reservas.

COM ZOOM, SEM ESTRESSE

O biólogo Fabiano Rodrigues de Melo, da Universidade Federal de Viçosa, ouviu falar de drones pela primeira vez em 2014, então usados para encontrar coalas em matas da Austrália. Em 2017, por meio de um projeto de pesquisa apoiado pela Fundação Grupo Boticário, ele encomendou seu primeiro drone para uma empresa do Rio de Janeiro, que também fez o programa de computador para contar muriquis-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*), evitando assim que ele tivesse de assistir a horas de filmagens.

Comprado com apoio da Wildlife Conservation Society, seu drone atual cabe na mochila. Por ter zoom, permite filmagens a 30 m dos animais, sem assustá-los. Também ficou mais fácil identificá-los por meio da diferença de pigmentação facial. “Antes eu tinha de chegar a 15 m e os muriquis fugiam, talvez por achar que seria um predador”, relata. “Em matas fechadas, só consigo ver os animais do alto das árvores, mas em florestas secundárias já consegui ver saguis, que ocupam as áreas mais baixas, ou mesmo, no solo, veados, capivaras, iraras, quatis, tamanduás e dezenas de espécies de aves.” ■

A reportagem mais extensa e as referências dos artigos científicos estão na versão on-line.