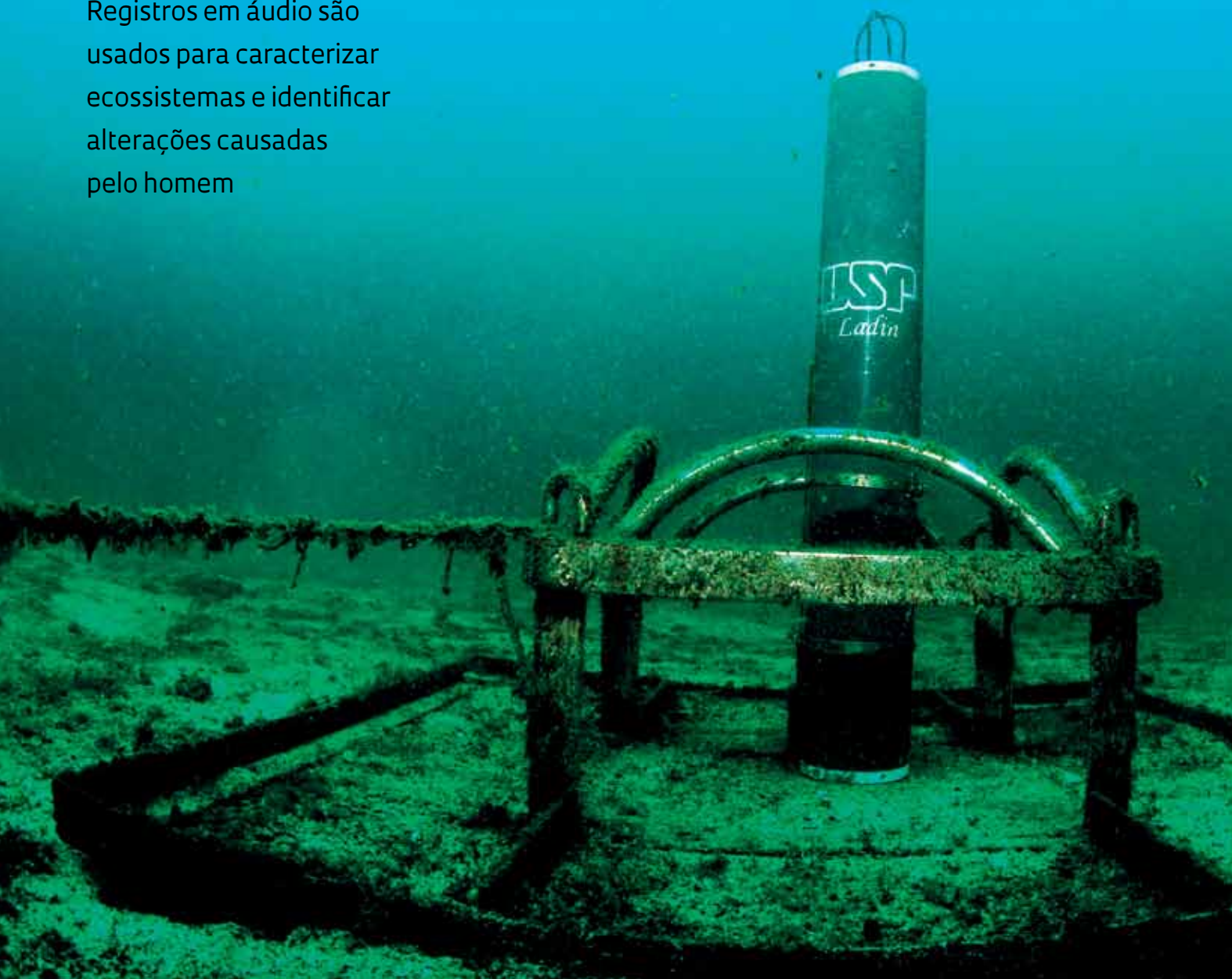
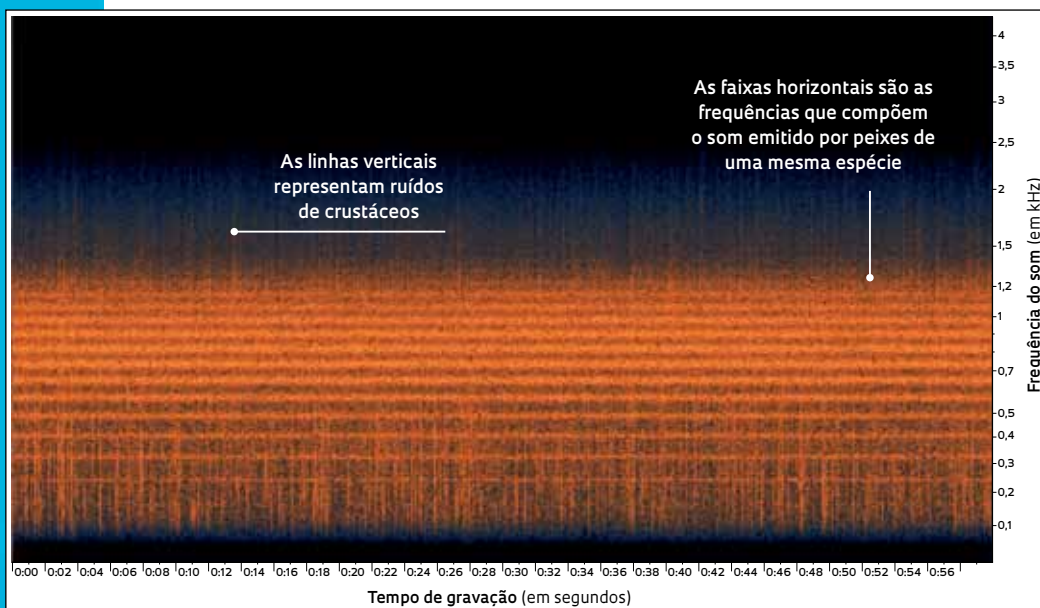


A acústica do ambiente

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





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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

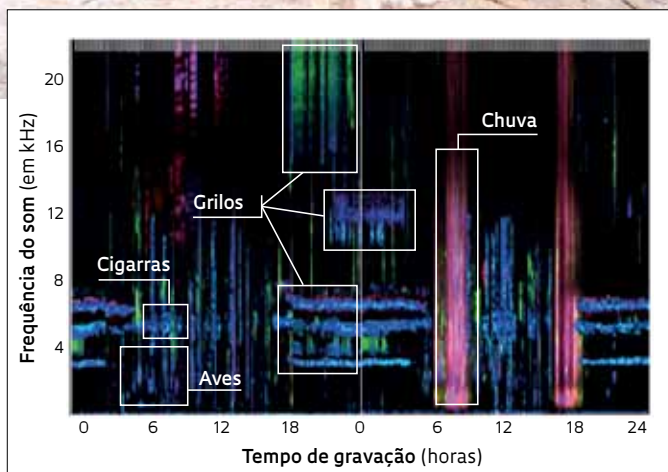
SOM DOS INSETOS

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

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



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



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

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

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

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

MÚSICA E AMBIENTE

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

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

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

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

Projetos

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

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

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