

Entre Notas e Alaridos: Perspectivas na Bioacústica de Mamíferos Terrestres

Regis Rossi Alves Faria¹, Aline D. Carneiro Gasco¹, Patrícia Ferreira Monticelli^{1*}

¹Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP)
Universidade de São Paulo (USP)
CEP 14.040-901 Ribeirão Preto, SP, Brazil

regis@usp.br, pmonticelli@ffclrp.usp.br

Abstract. *In the last decades considerable advances in monitoring and analysis technologies have improved the knowledge about the organization and role of animal sounds. This paper focus on some current issues in the study of mammalian species, showing some of the latest and promising technologies, trends in bioacoustics research and its applications.*

Resumo. *Nas últimas décadas consideráveis avanços nas tecnologias de monitoramento e análise ampliaram a compreensão sobre a organização e papel das emissões sonoras animais. Este artigo foca em algumas das questões atuais no estudo dos mamíferos terrestres, mostrando algumas das tecnologias mais recentes e promissoras, perspectivas na pesquisa em bioacústica e suas aplicações.*

1. Introdução

Neste artigo oferecemos à comunidade de computação musical uma abordagem introdutória aos conceitos, técnicas e recursos atuais usados no monitoramento passivo (automático), ativo (manual) e na análise de vocalizações de mamíferos terrestres. A bioacústica orienta-se ao estudo dos sons produzidos pelos animais para investigar processos mentais e aspectos ecológico-funcionais do comportamento geral e de comunicação, e tem-se mostrado uma ferramenta poderosa no monitoramento de populações naturais e na prática de conservação das espécies [Rocha, 2011]. Buscamos mostrar a importância crescente da bioacústica no mundo atual e sua aproximação com problemas e tecnologias da área de computação musical.

2. Estratégias e Sistemas para Estudo e Monitoramento de Mamíferos Terrestres.

Os sistemas de gravação adotados hoje seguem duas estratégias: monitoramento acústico passivo (PAM, *Passive Acoustic Monitoring*) que dispensam a presença do pesquisador e minimizam interferências sobre o comportamento animal; e o tradicional método de registro ativo pelo pesquisador, que pode ajustar em tempo real seu comportamento e o equipamento, melhorando a qualidade do registro sonoro e relatando o contexto de emissão de interesse. Os PAMs permitem a obtenção de um enorme conjunto de dados, impossível de ser obtido manualmente. Correspondem a gravadores instalados em caixas resistentes aos intempéries e que tem acoplados 2 ou 4 microfones. São programáveis

*Apoio: Universidade de São Paulo, FAPESP, CNPq e CAPES.

para gravar a intervalos predefinidos, têm alta capacidade de armazenamento de dados e alimentação de longa duração. Com isso, pode-se coletar dados sem voltar ao campo, de forma contínua ou espaçadas no tempo (sazonalmente ou em janelas de interesse) e no espaço (por uma área de interesse amostral).

Sistemas mais sofisticados podem incluir ainda meios de comunicação remota (transmissão por radiofrequência acionados/monitorados à distância) e dispositivos GPS para rastreamento de posição. O monitoramento de espécies de interesse é feito através do rastreamento de suas vocalizações previamente conhecidas nas gravações, que acusam a sua presença no local e fornecem estimativas populacionais e outras informações sobre a dinâmica intra/entre espécies. A empresa Wildlife Acoustics produz gravadores autônomos (com microfones inclusive à prova d'água) para captação e análise sonora.

O monitoramento passivo não permite ainda, contudo, a gravação seletiva e contextualizada de sons de uma espécie, com a identificação da situação de emissão que levará a hipóteses sobre sua função comunicativa. Também ainda não se alcançou um nível de qualidade de registro que permita seu uso na descrição física e sirva como testemunho da espécie, muito menos para uso em estudos comparativos entre indivíduos ou espécies que levariam a inferências sobre o nível de socialidade e de complexidade de seus processos mentais, ou de relações filogenéticas, respectivamente. Esse tipo de registro ainda é obtido pessoalmente, com um gravador portátil profissional acoplado a um microfone direcional e um fone de ouvido.

Diversos modelos de gravadores profissionais portáteis são usados atualmente, como Marantz PMD660/661/671, Tascam DR100, Zoom H4N, Sony PCM-D100, Roland R26 ou Sound Device 722/788-T, acoplados a microfones supercardióides condensadores (*shotguns*). O levantamento e a descrição contextualizada do repertório de vocalizações de mamíferos terrestres da nossa fauna tem sido feito no Laboratório de Etologia e Bioacústica (EBAC) desde 2011. Requer a obtenção de vocalizações em uma variedade de contextos e a posterior categorização dos sinais segundo sua morfologia. Em um segundo nível de análise, os “tipos” de sinais são categorizados quanto ao “contexto de emissão”, como a defesa de território (o aulido do lobo-guará [Rocha et al., 2015]), o alerta e intimidação de predadores (o latido de quatis [Gasco, 2013]), o cortejo (o *purr* do macho preá [Monticelli and Ades, 2011]) e o reencontro entre membros do grupo, incluindo entre mães e filhotes (assobios de capivaras [Suzuki, 2015]). Os avanços na nossa compreensão sobre os processos biológicos e estados internos dos animais nos permitem hoje identificar parâmetros vocais que codificam inclusive suas emoções [Briefer et al., 2015].

Um problema clássico em bioacústica é detectar e isolar os sons produzidos simultaneamente pelas diversas espécies dentro da “paisagem acústica” registrada. A segregação e o isolamento das interferências do meio podem contar com técnicas de separação de fontes, matrizes de microfones e *beamforming* (separação baseada na localização). Ao estudo de mamíferos terrestres impõe-se uma série de requisitos à escuta, ao registro, à reprodução fidedigna para fins de testes experimentais de função comunicativa (*playback*), e à descrição e análise para fins científicos. Por iniciarem-se em uma faixa de frequências abaixo de 100Hz e terem enfatizadas frequências dominantes ou *peak frequency* abaixo de 1kHz, esses sons sobrepõem-se ao ruído de fundo ambiental.

Uma vez registradas as amostras, a próxima tarefa é detectar as vocalizações e extraí-las para análise. Esse processo de identificação e segmentação é guiado observando-se níveis de sinal/ruído e as características temporais e espectrais dos sinais. Uma correta calibração de parâmetros como intensidade, tamanho, tipo e percentual de *overlap* das janelas de análise, profundidade de bits e resolução de tempo e frequência será determinante para o sucesso. Cada tipo de ambiente e espécie implicam em um conjunto de

parâmetros mais adequado para o processamento e análise dos sinais, sendo esta busca, no caso da detecção e análise manual, um dos processos mais demorados.

O pesquisador atualmente dispõe de pacotes e recursos computacionais projetados para detecção automática e análise de sons animais, como os *softwares* Raven, do Laboratório de Ornitologia da Cornell University, o Avisoft SASLab, e a plataforma Arbimon. Rocha e outros [Rocha et al., 2015] descreveram o uso do pacote de análise sonora XBAT (*Extensible Bioacoustics Tool*) para a plataforma MATLAB na detecção automática de vocalizações de lobos em gravações de longo prazo, através da busca por sons que se auto-correlacionem com modelos preestabelecidos e o rastreamento de eventos para os quais o valor de correlação exceda um determinado limiar. Preconizando uma arquitetura extensível, que permite que componentes compartilhem uma mesma infraestrutura, os usuários deste *software* podem acessar, visualizar, buscar, anotar e medir eventos de interesse nos sons.

Os formatos de codificação perceptuais voltados para voz humana, como o AMR (*Adaptive Multi-Rate*) e o 3GPP disponíveis em *smartphones*, não são adequados para um registro fidedigno de vocalização animal, para o que é usado o formato não comprimido WAV (PCM), com amostragem de 16-24bit@44-48kHz.

3. Monitoramento Mediado por Auralização.

Uma estratégia relativamente recente de estudo está relacionada à captura de emissões vocais dos animais induzidas artificialmente, por meio da auralização no ambiente que os estimulariam a dar uma resposta. Tal estratégia é usada desde a 2ª Guerra por ornitólogos e herpetólogos (estudiosos de anuros) para verificar a ocorrência (induzindo a aproximação) e um aumento na emissão de uma resposta, vocal ou não, que permita caracterizar comportamentos e inferir funções comunicativas. Mas, até hoje foi pouco usado com mamíferos. O realismo da auralização parece ser um requisito crítico de sucesso. A capacidade de cobertura espacial da projeção sonora dependerá de um sistema de auralização com alto nível de imersão e com resolução e qualidade suficientes para garantir uma comunicação efetiva.

4. Desafios e Perspectivas na Bioacústica de Mamíferos Terrestres.

Muitos são os aspectos importantes a considerar em um sistema de monitoramento bioacústico, como a diversidade de espécies, o uso de detectores de atividade para disparar eventos de gravação, variações climáticas, interferências acústicas, ruídos e separação de sons. Do ponto de vista funcional, os objetivos da análise irão determinar as ferramentas de processamento a serem utilizadas. Usualmente, o vocabulário de emissões vocálicas de mamíferos e outros animais são analisáveis a partir de uma segmentação em unidades sonoras, que podem se assemelhar às sílabas. Uma série de ferramentas utilizadas em *Musical Information Retrieval*, como analisadores espectrais, descritores sonoros, transformadas e segmentadores são utilizados na análise desses sons. Todavia há diferenças substanciais entre estes e os sinais musicais, particularmente na estrutura temporal e em parâmetros espectrais [Stowell and Plumbley, 2011]. Enquanto na música encontramos timbre e uma estrutura temporal bem definidos, em emissões animais encontramos sílabas de diferentes conteúdos soando com durações próximas a $1/2$ segundo, e compondo estruturas ou frases que se repetem. A identificação do tipo de emissão e seu significado só será possível a partir da segmentação de toda a sequência (frase).

Na FFCLRP-USP, o EBAC em colaboração com o Laboratório de Acústica e Tecnologia Musical (LATM) tem buscado levantar requisitos e técnicas de processamento de sinais para melhor isolar as interferências ambientais, rumo a uma análise diferenciada

para sons de mamíferos terrestres. O grupo vem definindo metas em direção a um sistema para monitoramento, lançando mão de técnicas para auralização espacial em campo e para captura sonora espacial. O monitoramento acústico com múltiplos microfones é útil para localizar animais e rastrear seus movimentos em uma escala espacial maior [Blumstein et al., 2011]. Considerando a migração dos aplicativos para as plataformas móveis e a oferta de acessórios para este segmento, atualmente é praticável a captação de sons em boa resolução em tablets (ex: iPads). Ainda, os sistemas que utilizam áudio *wireless* expandem as possibilidades, principalmente se aliados a um dispositivo de recarregamento autossustentável de baterias.

Finalmente, um estudo interessante prospectivo é a avaliação da emoção e expressividade no registro sonoro de animais silvestres [Moura et al., 2008]. Assim como no caso do canto humano, correlações entre duração, tonalidade e intensidade de diversas vocalizações forneceriam subsídios para uma análise aprofundada do conteúdo da *cantoria*, identificando contornos melódicos e harmônicos em frases longas e caracterizando modulações. Avaliações de longo prazo do registro sonoro assim, extrapolariam aspectos puramente ecológicos do monitoramento tradicional, avançando sobre análises semânticas como hoje temos na área de música.

Referências

- Blumstein, D. T., Mennill, D. J., Clemins, P., Girod, L., Yao, K., Patricelli, G., Deppe, J. L., Krakauer, A. H., Clark, C., Cortopassi, K. A., Hanser, S. F., McCowan, B., Ali, A. M., and Kirschel, A. N. G. (2011). Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays applications, technological considerations and prospectus. *Journal of Applied Ecology*, 48(3):758–767.
- Briefer, E. F., Maigrot, A. L., Mandel, R., Freymond, S. B., Bachmann, I., and Hillmann, E. (2015). Segregation of information about emotional arousal and valence in horse whinnies. *Scientific Reports*, 9989(4):1–11.
- Gasco, A. D. C. (2013). *Repertório Acústico do Quati (Nasua nasua)*. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- Monticelli, P. F. and Ades, C. (2011). Bioacoustics of domestication: Alarm and courtship calls of wild and domestic cavies. *Bioacoustics*, 20:169–192.
- Moura, D. J., Silva, W. T., Naas, I. A., Tolón, Y. A., Lima, K. A. O., and Vale, M. M. (2008). Real time computer stress monitoring of piglets using vocalization analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 1(64):11–18.
- Rocha, L. H. S., Ferreira, L. S., Paula, B. C., Rodrigues, F. H. G., and Sousa-Lima, R. S. (2015). An evaluation of manual and automated methods for detecting sounds of maned wolves (*chrysocyon brachyurus illiger 1815*). *Bioacoustics*, 24(2):185–198.
- Rocha, Y. T. (2011). Técnicas em estudos biogeográficos. *Raega O Espaço Geográfico em Análise*, 23:398–427.
- Stowell, D. and Plumbley, M. D. (2011). Birdsong and c4dm a survey of uk birdsong and machine recognition for music researchers. *Centre for Digital Music, Queen Mary, University of London, London, UK, Tech. Rep. C4DM-TR-09-12*, 181.
- Suzuki, C. T. (2015). *Estudo Naturalístico do Comportamento de Comunicação Vocal das Capivaras*. PhD thesis, Universidade de São Paulo.