

# Abordagens sobre a bioacústica na ornitologia

## Parte I - Conceitos básicos



André Bohrer Marques

### BIOACÚSTICA-ABORDAGENS GERAIS

Muitos animais, tanto em meio terrestre quanto em meio aquático, produzem sons que servem para a comunicação intra e interespecífica. O estudo das características e funções desses sons, levando em conta também os mecanismos e forças que atuam na sua produção, propagação e recepção; é denominado bioacústica (Kroodsma e Miller, 1996; Hauser, 1996; Baptista e Gómez, 2002).

A bioacústica, como campo científico moderno, se desenvolveu de maneira relativamente recente na ornitologia, com conceitos básicos da evolução, da biogeografia, da taxonomia, da etologia, da ecologia e da biologia da conservação (Sick, 2003). Como todo domínio do conhecimento, são necessários para o seu desenvolvimento dois requisitos: uma base conceitual coerente e uma ferramenta tecnicamente adequada. A base conceitual da comunicação sonora em aves acompanha o desenvolvimento da etologia, quando não a antecipa. E as ferramentas tecnicamente adequadas para o estudo em bioacústica se concretizaram na década de 1960, com a comercialização de gravadores portáteis de rolo que hoje estão sendo suplantados pelos digitais. Outro avanço importantíssimo para a bioacústica foi o desenvolvimento de software que facilitaram a análise das vocalizações gravadas (Vielliard, 2000).

### PROPRIEDADES DO SOM

O som é resultado de um movimento vibratório (periódico) de um corpo que se propaga em diferentes velocidades, através de meios de diferentes densidades, em forma de ondas de vibração das moléculas do meio. As propriedades básicas de um som são: sua frequência, sua intensidade e sua duração.

- **Frequência:** A frequência é expressa em ciclos por segundo, ou Hertz (Hz). A frequência de um som está inversamente relacionada com o seu comprimento de onda. Ou seja, um som de alta frequência possui um comprimento de onda pequeno, com um elevado número de ciclos por segundo. Enquanto que, um som de baixa frequência possui um comprimento de onda grande, com um pequeno número de ciclos por segundo.
- **Intensidade:** A intensidade relaciona-se à amplitude da onda sonora. Um som tem pequena intensidade ou baixo volume quando a amplitude da onda é pequena, e o som tem grande intensidade ou alto volume quando a amplitude da onda é grande. Ou seja, amplificar um som é aumentar sua amplitude de vibração (a energia) das moléculas, sem alterar a sua frequência.
- **Duração:** A duração de um som é uma característica temporal da onda sonora, ou seja, o tempo de duração do som.

### PROPAGAÇÃO DO SOM

O som pode se propagar em meios de diferentes densidades, e com diferentes velocidades (por exemplo: 340m/s no ar; 1435

m/s na água e de 4000 a 5000m/s na rocha). Durante a sua propagação o som pode sofrer algumas alterações, dentre elas destacam-se, segundo Owings e Morton (1998); Mathevon *et al.* (2004):

- **Interferência:** onde ondas sonoras de origens diferentes com frequências e amplitudes similares, que ao se encontrarem podem se neutralizar;
- **Refração:** que é o desvio da direção da onda sonora ocorrendo, por exemplo, com a onda sonora de um canto de uma ave florestal quando o som bate nos troncos, galhos e folhas da vegetação de seu habitat;
- **Dispersão e absorção:** Onde a dispersão é o espalhamento da onda sonora no meio, enquanto que a absorção é a perda de energia que fica retida no meio de propagação, ambas, absorção e dispersão, provocam a perda de energia da onda sonora ao longo de seu deslocamento fazendo com que a intensidade da onda sonora diminua com o deslocamento da mesma pelo meio.

### RECEPÇÃO DO SOM

O som é recebido no ouvido dos vertebrados, onde é processado em duas etapas bem distintas. A primeira, onde a recepção é mecânica: o tímpano responde como uma membrana de microfone, por uma deformação, que é transmitida e eventualmente ampliada pelos ossículos do ouvido médio. Assim sendo, a linfa que banha a cóclea vai oscilar conforme as variações de pressão sonora recebidas pelo tímpano (Vielliard, 2000; Podos e Nowicki, 2000).

A segunda etapa é a transformação destas oscilações em impulsos nervosos, e estes por sua vez, encaminhados para o cérebro. No entanto, o cérebro não recebe informações gradativas e discriminadas sobre cada parâmetro físico que define o som (frequência, amplitude e duração). O que o cérebro recebe é uma codificação que corresponde a um intervalo de valores integrando esses parâmetros. Assim, é necessário para o receptor aprender a decodificar esses impulsos nervosos (Brenowitz e Kroodsma, 1996; Vielliard, 2000; Podos e Nowicki, 2000).

### PRODUÇÃO SONORAS DAS AVES

As manifestações sonoras dos animais compreendem dois fenômenos: a vocalização, que são sons exclusivamente produzidos através do órgão vocalizador, a siringe das aves; e os chamados sons mecânicos ou instrumentais, que são os sons que não são produzidos pelos órgãos vocalizadores, como o tamborilar dos picapaus ou o chocalhar dos vãos dos representantes da família piperidae, através da evolução das rêmiges e rectrizes transformadas em penas sonoras (Sick, 2003).

### Vocalização

Anatomia da siringe: A ave produz sua voz na siringe, sua anatomia e localização varia consideravelmente entre as espécies deste grupo. No entanto, geralmente está localizada na extremi-

## Form and function in vocal communication

dade inferior da traquéia, na bifurcação dos brônquios (Sick, 2003, Podos e Nowichi, 2000). A maioria dos modelos de produção de sons estão focados na siringe dos oscines, no entanto, a aplicabilidade destes modelos para todas as aves ainda não é conhecida (Podos e Nowichi, 2000).

**Produção do som na siringe:** A vocalização normalmente ocorre durante a expiração, quando a passagem do ar pela siringe gera uma vibração do par de membranas denominadas “membranas timpaniformes” posicionadas nos dois lados da siringe. A frequência dos sons produzidos pela membrana siringeal corresponde as taxas em que oscilam estas membranas. Os pássaros são capazes de modular a frequência dos sons produzidos através da contração ou relaxamento dos pares de músculos siringeais (Podos e Nowichi, 2000).

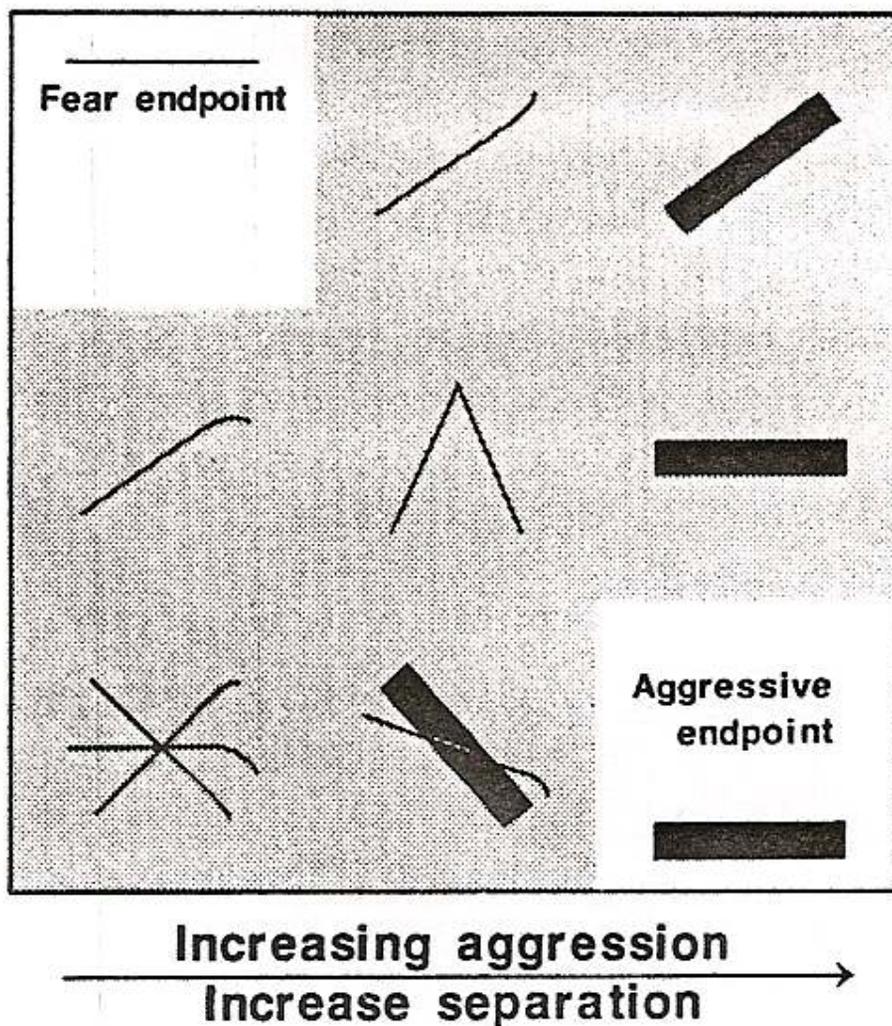
Experimentos mostraram que a produção sonora pode ser controlada separadamente para cada lado da siringe (Suthers, 1997, 1999, 2004). Os pássaros canoros podem produzir som de um lado da siringe e do outro, ou produzir simultaneamente diferentes sons harmonicamente relacionados usando os dois lados. A diversidade de sons é aumentada pelo fato de que os dois lados da siringe podem ter variações de frequência sonora diferentes, e pode estar especializada para diferentes efeitos acústicos (Suthers, 1999, 2004).

Observações, por endoscopia, da siringe em funcionamento verificaram que é toda a massa de estruturas moles da siringe, e não somente as membranas timpaniformes, que vibram durante a produção de som. Todavia, parece confirmar-se o modelo segundo o qual os sons são gerados diretamente pela vibração do ar expirado, modelo físico.

### Som Mecânico ou Instrumental

Alguns dos sons emitidos pelas aves para fins de comunicação não o são pela siringe, nas vias respiratórias, mas de outro modo. Podem ser produzidos através de um estalar com o bico, na maioria dos casos em aves que se sentem ameaçadas como as corujas e o jacu estalo (*Neomorphus sp.*). Podem produzir sons com as penas, simplesmente levantando vôo, caso dos pombos e alguns bacuraus, ou com penas das asas (rêmiges) transformadas em penas sonoras, caso da Jacutinga (*Pipile jacutinga*), Chupa dente (*Conopophaga lineata*) e o grupo dos Tangarás (Piprideos) (Sick, 2003).

Outro som mecânico é o tamborilar dos picapaus, que não deve ser confundido com o cinzelar, este é função da procura de alimento ou da elaboração de uma cavidade nidificadora, enquanto que o tamborilar é realizado em diversos tipos de substratos tendo como função exclusiva produzir rumor em função da defesa do território (Anjos, 1993). Este som mecânico, tal como o canto, serve para a marcação territorial, advertindo rivais, e como meio de comunicação entre macho e fêmea, solo ou em duetos (Sick, 2003).



**Figura 01- Representação das características acústicas das vocalizações para ilustrar o código de estrutura motivacional. Cada figura mostra um sonograma de um som hipotético: onde as linhas finas (sons puros) e de maiores frequências representam afinidade e aproximação, este som está representado pela figura superior do lado esquerdo.**

Já o sonograma que representa o oposto é a inferior do lado direito, representando uma motivação de agressividade e de distância, com características de baixa frequência e carregada de ruídos. Os outros sonogramas representam as características acústicas das vocalizações com motivações intermediárias. (Extraído do livro *Animal vocal communication: A new approach*. Donald H. Owings e Eugene S. Morton, 1998)

### VOCALIZAÇÃO COMO SINAL DE COMUNICAÇÃO

A comunicação animal pode ser definida como o processo em que os emissores usam sinais ou exibições especialmente modelados para modificar o comportamento daqueles que os captam. Estes sinais podem ser, visuais, químicos ou sonoros (Krebs e Davies, 1996). Nas aves a emissão de suas vocalizações implica um determinado consumo energético e deste fato pode-se esperar que tenham uma função biológica, portanto, as vocalizações cumprem essencialmente uma função de comunicação (Fandiño-Mariño, 1989).

Os sinais carregam mensagens que especificam ou predizem classes de atividades que o emissor pode efetuar na hora da emissão ou especificar uma provável mudança destas atividades (Krebs e Dawkins, 1984; Fandiño-Mariño, 1989). No sinal sonoro as suas propriedades acústicas são as responsáveis pela transmissão da informação para o receptor. Portanto, diversos tipos de

informações podem ser transmitidos do emissor para o receptor (Harper, 1991; Hauser, 1996).

Em um artigo de Morton (1977) o autor estabeleceu o que denominou “*The motivation - structural code (MS-code)*” ou código de estrutura motivacional da vocalização. Foi estabelecida uma relação entre estrutura acústica da vocalização com as suas funções ou motivações na comunicação animal. Basicamente ele afirmou existir uma relação inversa entre a frequência e a agressividade. As vocalizações com frequências mais altas e sons puros indicariam motivação de aproximação e afinidade, enquanto que, no outro extremo os sons com baixa frequência e carregados de ruídos sinalizam alta agressividade e repulsa. Obviamente, existem sons que possuem estruturas acústicas e motivações intermediárias e ou motivação conflituosa que preenchem este gradiente que relaciona as propriedades acústicas com agressividade.

### Outras informações contidas nas vocalizações

Além das informações descritas por Morton (1977) e Owings e Morton (1998), relacionando a motivação comportamental com a estrutura acústica, outras informações também podem estar presentes nas vocalizações e segundo Harper (1991) as principais categorias são:

a) Informações sobre o ambiente: Vocalização de alerta é um exemplo claro de um emissor informando sobre o ambiente. Muitos pássaros realizam estes chamados de alerta quando detectam a presença de predadores, dentre eles citamos os chamados de alerta contra gaviões do Anu branco (*Guira guira*) pesquisado por Fandiño-Mariño (1989) e o Coleirinho (*Sporophila caerulea*) (Observação pessoal do autor). Outra vocalização que transmite informação do ambiente são os chamados relacionados aos recursos alimentares, que são emitidos para o grupo ou filhotes quando um indivíduo encontra algum recurso alimentar, que foi estudado dentre outras, no galo doméstico (*Gallus gallus domesticus*) (Evans e Evans, 1999) e no anu branco (*Guira guira*) (Fandiño-Mariño, 1989).

b) Informações sobre a identidade: nos níveis - de Grupo (através da utilização de sinais semelhantes); - de parentesco (reconhecimento de pais e filhos, principalmente naquelas espécies que formam colônias reprodutivas com ninhos muito próximos uns dos outros); - de par (o casal modifica sua vocalização de modo que se identifiquem, ajudando no reconhecimento mútuo principalmente nas espécies que apresentam comportamento de formação de bando ou aglomerações reprodutivas). Outras vocalizações existentes entre os casais são os duetos, entre o macho e a fêmea, sincronizando suas vocalizações formando um só canto complexo, comumente observado no João de Barro (*Furnarius rufus*). Harper (1991) e Sick (2003) sugeriram que o dueto funciona como um fortalecimento da ligação entre o casal; e por último – ao nível de indivíduo (muitos animais territoriais conseguem distinguir os sinais acústicos entre os de seus vizinhos, que com ele compõem uma estabilidade territorial. E isto irá reduzir o custo de manutenção da estabilidade dos limites territoriais).

c) Informações sobre a habilidade: A luta envolve tempo e energia, e outros custos como a injúria, morte e até mesmo risco de ser predado. Sendo assim, a decisão de lutar ou sinalizar dependerá de uma correta avaliação do valor do recurso, custos da luta e comportamento do oponente. Desta forma, uma vocalização pode informar sobre o tamanho e conseqüentemente a habilidade do emissor em vencer a luta (Krebs e Dawkins, 1984; Hauser, 1996; Krebs e Davis, 1996).

### AFUNÇÃO DO CANTO DAS AVES

Nas aves a comunicação a longa distância é representada exclusivamente pelo canto, assumindo assim, papel importante nas

relações espaciais e sociais entre os indivíduos. O canto foi definido funcionalmente como: o sinal de comunicação sonora cuja função biológica primordial é o reconhecimento específico (Vielliard, 1987). Mas em diversas espécies de aves apenas o macho canta, portanto, além do reconhecimento específico, nos machos outras funções são atribuídas ao canto, dentre elas destacamos: (1) atração da fêmea; (2) Estimulação da fêmea e (3) territorialidade (Kroodsma & Byres, 1991; Baptista & Gaunt, 1994).

Portanto, é fundamental a ampliação dos conhecimentos sobre a bioacústica da fauna brasileira, pois, é um mecanismo de comunicação que sofre influências diversas, que afetam diretamente a biologia destas aves (sociobiologia, reprodução, territorialismo, ecologia, etc.), enfim. O entendimento da bioacústica é uma poderosa ferramenta para a compreensão de nossas aves, que terá reflexo direto na conservação das mesmas.

### BIBLIOGRAFIA

- Anjos, L.; Vielliard, J. Repertoire of the acoustic communication of Azure Jay, *Cyanocorax caeruleus* (Vieillot, 1818) (Aves, Corvidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, v. 10, n. 4, p. 657-664, 1993.
- Baptista F. L., Gaunt S. L. L., 1994. Advances in studies of avian sound communication. *The Condor* 96:817-830.
- Baptista, L. F., e Gómez, J. E. M., 2002. La investigación bioacústica de las aves del Archipiélago de Revillagigedo: un reporte de avance. *Huitzil*, 3(2), 33-41.
- Brenowitz, E. A., and Kroodsma, D., 1996. The neuroethology of birdsong. *In: Ecology and evolution of acoustic communication in birds*. Edited by Kroodsma, D. and Miller, E. H., 587p.
- Evans, C. S. e Evans, L., 1999. Chicken food calls are functionally referential. *Animal Behaviour* 58, 307-319.
- Fandiño-Mariño, H., 1989. *A comunicação sonora do anu-branco avaliações eco-etológicas e evolutivas*. Campinas: Editora da UNICAMP 302p.
- Harper, D. G. C., 1991. Communication. *In: Behavioural Ecology: An evolutionary approach*. Edited by J. R. Krebs and Davies, 1991.
- Hauser, M. D., 1996. The evolution of communication. Massachusetts Institute of technology. 760p.
- Krebs, J. R. e Davies, N. B., (1996). Introdução à ecologia comportamental – Atheneu Editora, 420p.
- Krebs, J. R., e Dawkins, R., 1984. Animal signals: Mind-reading and manipulation. *In: Behavioural Ecology: An evolutionary approach*. Edited by J. R. Krebs and Davies, 1984.
- Kroodsma D. and Miller, E. H., 1996. *Ecology and evolution of acoustic communication in birds*. 587p.
- Kroodsma, D. E. and Byers, B. E., 1991. The function of birds song. *Am. Zool.* 31:318-328.
- Mathevon, N., Aubin, T., Dabelsteen, T., Vielliard, J. M. E., 2004. Are communication activities shaped by environmental constraints in everberating and absorbing forest habitats? *Anais da academia Brasileira de Ciências* 76 (2): 259-263.
- Morton, E. S. (1977). On the occurrence and significance of motivation-structural rules in some bird and mammal sounds. *Amer. Natur.* 111: 855-869.
- Owings, D. H., e Morton, E. S., 1998. *Animal vocal Communication: A new approach*. Podos, J., e Nowicki, S., 2000. Mechanical limits and evolution of vocalization in birds. *In: A ornitologia brasileira: Pesquisa atual e perspectivas*. Alves, M. A., da Silva, J. M. C., Van Shuys, M., Bergallo, H. G., da Rocha, C. F. D., 2000. Rio de Janeiro: EdUERJ –352p.
- Sick, H. 2003. Ornitologia brasileira: Uma introdução. Editora Nova fronteira, Rio de Janeiro.
- Suthers, R.A., 2004. Vocal mechanisms in birds and bats: A comparative view. *Anais da academia Brasileira de Ciências* 76 (2): 247-252.
- Suthers R.A. 1997. Peripheral control and lateralization of birdsong. *J Neurobiol* 33: 632-652.
- Vielliard, J. M. E., 2000. Estado atual das pesquisas em bioacústica e sua contribuição para o estudo e a proteção das aves no Brasil. *In: A ornitologia brasileira: Pesquisa atual e perspectivas*. Alves, M. A., da Silva, J. M. C., Van Shuys, M., Bergallo, H. G., da Rocha, C. F. D., 2000. Rio de Janeiro: EdUERJ –352p.
- Vielliard, J. M. E., (1987). Uso da bioacústica na observação de aves. *Anais II ENAVE*, UFRJ, Rio de Janeiro: 98-121.

Laboratório de Ciências Ambientais  
Setor de Etologia e Bioacústica  
Universidade Estadual do Norte Fluminense  
Darcy Ribeiro (UENF)  
E-mail: [andrebrmarques@yahoo.com.br](mailto:andrebrmarques@yahoo.com.br)