



Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Biologia
Programa de Pós-graduação em Ecologia e
Conservação de Recursos Naturais



INFLUÊNCIA DA MASSA CORPORAL, DA FILOGENIA E DO
HABITAT SOBRE A ESTRUTURA DA VOCALIZAÇÃO DE
AVES BRASILEIRAS

Rafael de Freitas Juliano

Uberlândia - 2010

Rafael de Freitas Juliano

INFLUÊNCIA DA MASSA CORPORAL, DA FILOGENIA E DO HABITAT
SOBRE A ESTRUTURA DA VOCALIZAÇÃO DE AVES BRASILEIRAS

Tese apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências para
obtenção do título de Doutor em Ecologia e
Conservação de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Marçal Júnior

Uberlândia - 2010

Influência da massa corporal, da filogenia e do habitat sobre a estrutura da
vocalização de aves brasileiras

Doutorando: Rafael de Freitas Juliano

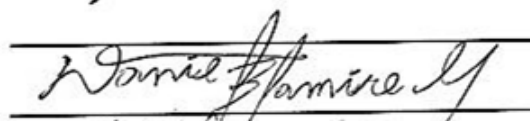
Tese apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências para
obtenção do título de Doutor em Ecologia e
Conservação de Recursos Naturais.

Banca Examinadora:

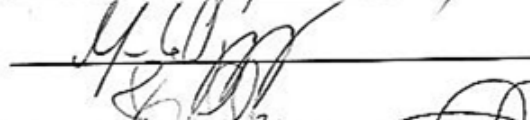
Prof. Dr. Carlos Eduardo Ramos de Sant'Ana (UFG)



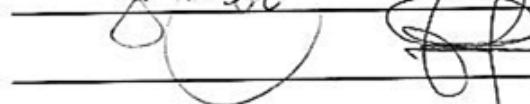
Prof. Dra. Celine de Melo (UFU)



Prof. Dr. Daniel Blamires (UEG)



Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Gonzaga (UFU)



Prof. Dr. Kleber Del Claro (UFU)

Prof. Dr. Oswaldo Marçal Júnior (UFU) (orientador)



UBERLÂNDIA
junho - 2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

J94i Juliano, Rafael de Freitas, 1979-
Influência da massa corporal, da filogenia e do habitat sobre a estrutura da
vocalização de aves brasileiras / Rafael de Freitas Juliano. -- 2010.

59 f. : il.

Orientador: Oswaldo Marçal Júnior.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-
Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Inclui bibliografia.

1. Ecologia - Teses. 2. Ave - Filogenia - Teses. 3. Ave - Vocalização -
Teses. I. Marçal Júnior, Oswaldo. II. Universidade Federal de Uberlândia.
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais. III. Título.

CDU: 574

Dedico esse trabalho à minha amada Eluíze e ao meu filhinho, Calebe: pelos sonhos, pelas lutas e conquistas diante de Deus e dos homens.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, Autor Soberano dos Céus e da Terra, paciente mantenedor da vida e Salvador eterno daqueles que crêem em Jesus Cristo.

A minha esposa, Eluize e meu bebê, Calebe, pela motivação para continuar indo além.

Aos meus pais Ricardo e Ivanete, pelo amor e investimento integral em nossas vidas.

A minha sogra Elaine, tios, avós, irmãs, sobrinhos e cunhados, pela torcida calorosa.

Ao meu orientador e amigo Oswaldo, por fazer parte de um sonho e deixar-se sonhar com os pés no chão.

Ao grande amigo Alexandre Franchin, por me ensinar tanta coisa sobre aves e me conduzir do “brejo ao poleiro”.

Aos amigos que em grande parte contribuíram com suas maravilhosas gravações e/ou dicas e fizeram a possibilidade desse trabalho: Sidnei Dantas, Ciro Albano, Nick Athanas, Robson Silva e, especialmente, ao Mario Cohn-Haft, Wagner Nogueira e Marina Anciães, por tamanho desprendimento e simpatia.

Aos amigos do Laboratório de Ornitologia e Bioacústica, pelas parcerias e aventuras: Paulo Antonio, Giancarlo, Adriano, Diego, Camilinha, Wellerson, Laíce, Zaca, Renata, Carol, Liliane Oliveira, Liliane Carvalho (valeu por me ensinar tudo sobre o Raven!), Carlos Henrique, Roberta, Paula, Eduardo (Bambam), Graziela, Elisângela e Khelma.

Aos companheiros de luta do programa Ecologia e Conservação de Recursos Naturais da UFU: Alexandra, Andréa, Ceres, Danielle, Estevão, Fernanda, Giselle, Guilherme, Mariana, Michel, Renata, Vera, Olavo, Luciano, Péricles, Magno, Eduardo, Célio Moura, Pedro Paulo, Ana Luiza, Larissa, Sharita, Pietro, Jonas, Vanessa Moreira, Denise, Everton, Vanessa Ramos, Waguinho, Vagner, Marcela, Ana Paula, Tiago, Renata, André e Luciana.

Aos distintos professores, pelo fundamental compartilhar do conhecimento, Drs. Kleber Del Claro, Solange, Fernanda, Rosana, Jimi, Ivan, Cecília, Giuliano, Vera Lúcia, Marcelo, Jean Carlos, Renata, Celine e Heraldo, especialmente, aos Drs. Ariovaldo Giaretta e André Nascimento, pela ajuda nas análises estatísticas; ao Dr. Paulo Eugênio, pelo admirável exercício da docência e pesquisa.

À Maria Angélica, pela simpatia, zelo e cuidado conosco, alunos e professores.

Ao Sr. Péricles, pela odisséia de cultura e entretenimento.

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação da UEG, pela licença integral.

Aos professores e amigos da Universidade Estadual de Goiás, especialmente Daniel Blamires, Enéas, Magda, Lucineide, Lílian, Jean Fábio, Mara, Carmen, Marcos, Débora, Kênio, Hamilton e Raul.

Para enxergar as aves é necessário tornar-se parte do silêncio.

Robert W. Lynd (1879-1949) - jornalista e escritor irlandês

RESUMO

A comunicação é um fator muito importante para a manutenção de diversos processos ecológicos vitais entre os animais. Entre as aves, a comunicação acústica tem papel primordial e é indispensável para a reprodução, repulsão de predadores e dinâmica social. A massa corporal impõe restrições fisiológicas ao aparelho vocal e, conseqüentemente, limita os componentes da vocalização. O ambiente também inflige certas restrições físicas aos sinais acústicos e limita a transmissibilidade da informação. A Hipótese da Adaptação Acústica (HAA) prevê uma seleção distinta para caracteres da vocalização em habitats florestais. Especificamente, as frequências em habitat florestal tendem a serem afetadas pela atenuação, absorção e reverberação, efeitos impostos pelas barreiras físicas desse tipo de ambiente. O presente trabalho avaliou a aplicabilidade das predições gerais da HAA de 142 espécies e cinco principais clados de aves amplamente distribuídos no Brasil, considerando a massa corporal e a filogenia através de dois métodos filogenéticos comparativos: contrastes filogenéticos independentes e comparação par-a-par. Nenhum caractere vocal de Suboscines foi correlacionado com a massa corporal. A maioria das predições gerais da HAA não foi corroborada e variou entre os clados.

Palavras-chave: Hipótese da Adaptação Acústica; Contrastes Filogenéticos Independentes; Comparação Pareada

ABSTRACT

Communication is a very important factor for the maintenance of several vital ecological processes among animals. Among birds, the acoustic communication has primordial role and it is indispensable for reproduction, to repel predators and in social dynamics. Body size imposes physiological constraints to the vocal apparatus, and consequently, limits the components of vocalizations. The environment also inflicts certain physical restrictions to the acoustic signs and limits the transmissibility of information. The Acoustic Adaptation Hypothesis (HAA) predicts a different selection for vocalization characters in forest habitats. Specifically, frequencies in forest habitats tend to be affected by attenuation, absorption and reverberation, effects imposed by physical barriers in this environment. The present work tested the HAA using 142 bird species and five major clades widely distributed in Brazil, considering body size and two phylogenetic comparative methods: pairwise comparisons and phylogenetic independent contrasts. None of the Suboscine vocal characters were correlated to morphology. Most of the predictions of AAH were not corroborated and varied between clades.

Key-words: Acoustic Adaptation Hypothesis; Phylogenetic Independent Contrasts; Pairwise Comparisons.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Oscilograma (superior) e sonograma (inferior) do canto de anúncio de <i>Thamnophilus torquatus</i> , evidenciando os parâmetros acústicos (gravado por Nick Athanas na Chapada dos Guimarães, MT).....	8
Figura 2 - Topologia composta do banco de dados de aves Não-Passeriformes brasileiras (os quadrados vazios correspondem à área aberta e os quadrados escuros à área florestal).....	10
Figura 3 - Topologia composta do banco de dados de aves Suboscines brasileiras (os quadrados vazios correspondem à área aberta e os quadrados escuros à área florestal).....	11
Figura 4 - Topologia composta do banco de dados de aves Oscines brasileiras (os quadrados vazios correspondem à área aberta e os quadrados escuros à área florestal).	12
Figura 5 – Regressão dos CIFs da frequência mínima dos cantos e massa corporal de aves brasileiras.	15
Figura 6 - Resultados da regressão dos CIFs da amplitude de frequência dos cantos e massa corporal de aves Passeriformes brasileiras.....	16
Figura 7 - Resultados da regressão dos CIFs da frequência dominante do canto e massa corporal de aves brasileiras.	17
Figura 8 - Resultados da regressão dos CIFs da frequência mínima média dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.	18
Figura 9 - Resultados da regressão dos CIFs da frequência dominante dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.	18
Figura 11 - Resultados da regressão dos CFIs do número de elementos por canto e massa corporal de aves Oscines brasileiras.....	19
Figura 10 - Resultados da regressão dos CFIs da duração dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.	19
Figura 12 - Resultados da regressão dos CFIs do número de elementos por segundo e massa corporal de aves brasileiras.	20
Figura 13 - Resultados da regressão dos CFIs do intervalo inter-elemento e massa corporal de aves brasileiras.	20
Figura 14 - Resultados da regressão dos CFIs da duração média dos elementos e habitat de aves Passeriformes brasileiras.....	23

ÍNDICE DE TABELAS (APÊNDICE)

Tabela 1 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência mínima dos cantos e massa corporal corrigidos pela filogenia de aves brasileiras.	51
Tabela 2 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes frequência máxima dos cantos e massa corporal de aves brasileiras.	51
Tabela 3 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da amplitude de frequência dos cantos e massa corporal de aves brasileiras.	51
Tabela 4 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência dominante dos cantos e massa corporal de aves brasileiras.	52
Tabela 5 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da duração média do canto e massa corporal de aves brasileiras.	52
Tabela 6 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência mínima dos cantos e habitat de aves brasileiras.	52
Tabela 7 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes frequência máxima dos cantos e habitat de aves brasileiras.	53
Tabela 8 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da amplitude de frequência dos cantos e habitat de aves brasileiras.	53
Tabela 9 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência dominante dos cantos e habitat de aves brasileiras.	53
Tabela 10 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da duração média do canto e habitat de aves brasileiras.	54
Tabela 11 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da duração média dos elementos da vocalização e massa corporal de aves brasileiras.	54
Tabela 12 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes do número de EPC da vocalização e massa corporal de aves brasileiras.	54
Tabela 13 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes do número de EPS da vocalização e massa corporal de aves brasileiras.	55
Tabela 14 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes do IIE e massa corporal de aves brasileiras corrigidos pela filogenia.	55

Tabela 15 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência mínima média dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.	55
Tabela 16 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência máxima média dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.	56
Tabela 17 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da amplitude de frequência média dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.	56
Tabela 18 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência dominante média dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.	56
Tabela 19 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência mínima média dos elementos e habitat de aves brasileiras.	57
Tabela 20 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência máxima média dos elementos e de aves brasileiras habitat.....	57
Tabela 21 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da amplitude de frequência média dos elementos e habitat de aves brasileiras.....	57
Tabela 22 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência dominante média dos elementos e habitat de aves brasileiras.....	58
Tabela 23 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da duração média dos elementos e habitat de aves brasileiras.	58
Tabela 24 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes do número de elementos por canto e habitat de aves brasileiras.....	58
Tabela 25 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes do número de elementos por segundo e habitat de aves brasileiras.	59
Tabela 26 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes do intervalo inter-elemento e habitat de aves brasileiras.....	59

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
Objetivo Geral	6
Objetivos específicos.....	6
MATERIAL E MÉTODOS	7
Análises Filogenéticas Comparativas.....	9
RESULTADOS	15
A influência da massa corporal	15
A influência do habitat	21
DISCUSSÃO.....	24
A influência do massa corporal.....	24
A influência do habitat	26
A Estrutura da Vocalização de Aves Brasileiras.....	27
CONCLUSÕES.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
APÊNDICE – TABELAS ESTATÍSTICAS GERAIS	51

INTRODUÇÃO

A maioria dos animais se comunica por meio de algum tipo de sinal visual, químico ou acústico (SLABBEKOORN, 2004; SCOTT, 2005), sendo que a comunicação acústica, em geral, é muito eficiente em vários tipos de habitats, pois possui grande potencial dinâmico, isto é, rápida transmissibilidade e mudança dos sinais (SCOTT, 2005). Os sinais acústicos são um fenômeno físico no qual perturbações locais da densidade molecular são transmitidas por meio de ondas com intensidade, duração e frequência determinadas (MINDLIN & LAJE, 2005). Esse potencial dinâmico do som aumenta a propagação e a superação de barreiras físicas. O estudo da bioacústica busca relacionar a função desses sinais a fatores ecológicos, isolamento reprodutivo e especiação (RUEGG *et al.*, 2006; PODOS & WARREN, 2007). Desta maneira, a comunicação está intimamente relacionada com a percepção do ambiente e com a utilização dessas informações, o que é denominado ecologia sensorial (BOWDAN & WYSE, 1996). Dentre os animais onde a comunicação acústica se destaca, (*i.e.* mamíferos, anuros e aves), as aves possuem um dos sistemas mais complexos, considerando sua produção, funções e repertório (GILL, 2007).

Os componentes da vocalização podem ser definidos estruturalmente através da descrição dos sinais. Segundo MARLER (2004), o menor sinal discreto reconhecido em um sonograma é a *nota* ou *elemento*. Esse componente básico da vocalização de uma ave é um som *tonal* puro que possui frequência constante ou sofre modulação de frequência ascendente ou descendente. Se o som apresenta bandas verticais mais agudas, essas são denominadas *bandas paralelas*, sendo consideradas *harmônicos* verdadeiros se múltiplas da frequência mínima. As notas agrupadas em seqüências repetitivas complexas são denominadas *sílabas* (sílabas com notas iguais repetidas em seqüências rápidas podem ser denominadas *trinado*; SLABBEKOORN, 2004). Uma vocalização estruturalmente simples e curta, composta geralmente por uma sílaba é denominada *chamado*, sendo produzido por ambos os sexos ao

longo do ano. Os chamados são menos espontâneos e, geralmente, ocorrem em contextos relacionados com funções específicas como o vôo, ameaças, alarme, etc. Por outro lado, se grupos de sílabas compõem *frases*, ocorrendo em padrões diversos, essa vocalização é denominada *canto*. O canto, em geral, tende a ser longo e complexo e é uma vocalização espontânea produzida pelo macho na estação reprodutiva (embora seja comum para fêmeas de muitas espécies cantar nos trópicos) (CATCHPOLE & SLATER, 2008).

A pesquisa com cantos de aves tem confirmado que suas duas funções principais são afastar rivais e atrair parceiros (SLABBEKOORN, 2004; CATCHPOLE & SLATER, 2008). Dois fatores principais atuam na estrutura das vocalizações de aves (TEN CATE, 2004): a seleção natural que maximiza a eficiência e qualidade de transmissão dos sinais no ambiente e a seleção inter e intrasexual, que molda as características acústicas através da interação entre conspecíficos (TEN CATE, 2004). Desta maneira, a divergência nas preferências por parceiros correlacionadas com as características do meio é consistente com um modelo de especiação no qual o isolamento reprodutivo provavelmente evoluiu como um efeito colateral de duas populações se adaptando a ambientes específicos (RUNDLE *et al.*, 2005).

O sinal, portanto, para ser eficiente na atração de parceiros, deve ser propagado até a máxima distância possível do emissor, mas se o sinal é empregado na manutenção de territórios entre machos coespecíficos, seria uma desvantagem projetar a vocalização para além dos limites de dois ou mais territórios (LEMON *et al.* 1981; BRENOWITZ, 1982). Além desses fatores, o aprendizado vocal e a possibilidade de herança cultural na vocalização adicionam um elemento a mais de complexidade ao canto das aves (ELLERS & SLABBEKOORN 2003), pois o aprendizado vocal pode inicialmente inibir a divergência reprodutiva e, em um estágio mais avançado, promover a especiação (SLABBEKOORN & SMITH, 2002; JARVIS, 2006). Diante desses possíveis cenários, se faz necessário explicar como a complexidade está relacionada com as propriedades de transmissão do habitat e como

a degradação do sinal afeta o reconhecimento intraespecífico (ENDLER, 1992; NAGUIB & WILEY, 2001; PATRICELLI & BLICKLEY, 2006).

A Hipótese de Adaptação Acústica (HAA) prediz diferenças direcionais entre a estrutura de sinais transmitidos através de áreas florestais e aqueles transmitidos através de áreas abertas (MORTON 1975; HANSEN 1979; ROTHSTEIN & FLEISCHER, 1987; HYLTON & GODARD, 2001; WILEY, 2009). Em ambientes acusticamente complexos, os indivíduos podem ser selecionados via exploração sensorial, onde os sinais evoluem para concordar com características preexistentes dos sistemas receptores (ENDLER, 1992; RYAN, 1999; WILCZYNSKI *et al.* 2001; PHELPS, 2007). Essa hipótese assume que, como os cantos de anúncio existem para a comunicação à longa distância, a seleção atua sobre emissores e receptores otimizando esses sinais diante da propagação seletiva do ambiente (DANIEL & BLUMENSTEIN, 1998; BROWN & HANDFORD, 2000; MATHEVON *et al.*, 2008).

De acordo com SLABBEKOORN (2004), o som é atenuado e degradado com a distância, especialmente na presença de barreiras físicas que obstruam sua propagação. A turbulência no ar, devida a gradientes de temperatura e vento, causa flutuações irregulares de amplitude que podem distorcer o canto, sobretudo os componentes com frequências mais agudas (BROWN & HANDFORD, 2000; WILEY, 2009). Muitas superfícies como troncos, galhos, folhas, água e solo absorvem, retardam e/ou adicionam ecos aos sinais (FORREST, 1994; DANIEL & BLUMENSTEIN, 1998). Os ruídos de fundo também são fatores determinantes na fidelidade de recepção dos sinais (BROWN & HANDFORD, 1996; SLABBEKOORN & PEET, 2003). As revisões feitas por BARKER (2008) com aves e EY & FISCHER (2009) com anuros, aves e mamíferos mostram que, em habitats abertos, como campos e pradarias, o ruído e a turbulência do vento tendem a mascarar os componentes de menor frequência e maior duração. Já em áreas florestais, devido ao número maior de

obstáculos físicos e o som agudo dos insetos (especialmente nos trópicos), existe uma seleção contra componentes com frequências mais agudas e duração menor no canto.

A HAA prevê que aves de habitats abertos em relação a aves de habitat florestal, para maximizar a transmissão do canto no ambiente, apresentarão valores menores nos caracteres espectrais (*i.e.* frequências) e temporais (*i.e.* duração, intervalos, número de elementos). Com isso, os valores dos componentes espectrais do canto serão mais agudos, com maior amplitude e modulação de frequência e com componentes temporais mais rápidos e trinados. Já as espécies de áreas florestais terão cantos mais esterotipados, com componentes espectrais mais graves, com características mais tonais e com componentes temporais mais lentos e menos repetidos (BROWN & HANDFORD, 1996; BERTELLI & TUBARO, 2002; WILEY, 2009).

BONCORAGLIO & SAINO (2007), BARKER (2008) e EY & FISCHER (2009) revisaram vários trabalhos que testaram essas previsões básicas da HAA com uma ou mais espécies/populações modelo. As evidências gerais dão suporte parcial à HAA, embora sejam estatisticamente fracas e geralmente associadas aos caracteres espectrais da vocalização. Além disso, existe muita incoerência metodológica entre grande parte dos trabalhos, evidenciando a necessidade da realização de mais análises com aves Neotropicais, a fim de testar com maior robustez essa hipótese (BLUMSTEIN & TURNER, 2005; BARKER, 2008).

O Brasil possui cerca de 1.822 espécies de aves descritas (CBRO, 2008), distribuídas principalmente em cinco grandes Biomas: Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado e Pantanal (MARINI & GARCIA, 2005). O repertório vocal da maioria dessas espécies é pouco conhecido. Ademais, quase 10% dessa avifauna está ameaçada de extinção, com destaque para a Mata Atlântica que ocupa a primeira posição em número de espécies ameaçadas, seguida pelo Cerrado *sensu lato* (MARINI & GARCIA; SILVA & SANTOS, 2005). A crescente antropização de extensas áreas naturais no Brasil já comprometeu vários habitats

naturais de diversas aves brasileiras. A degradação não apenas limitou locais de alimentação e reprodução, certamente alterou a transmissibilidade e aumentando os níveis de ruído de fundo no ambiente (ver revisão em SLABBEKOORN & BOER-VISSER, 2006; BARBER *et al.*, 2010). Uma compreensão mais ampla de como as forças evolutivas e ecológicas interagem na estrutura dos cantos das aves tem implicações fundamentais na conservação, à medida que nos permite avaliar com maior precisão a repercussão das mudanças ambientais na dinâmica do espaço acústico (ENDLER & BASOLO, 1998; SLABBEKOORN, 2004; PATRICELLI & BLICKLEY, 2006).

Assim, o presente trabalho testa a Hipótese da Adaptação Acústica utilizando aves brasileiras como modelo. A pesquisa procurará responder as seguintes perguntas: 1. A estrutura do canto de aves de áreas savânicas e de áreas florestais é significativamente diferente entre si? 2. Em caso afirmativo, quais componentes do canto tendem a diferir significativamente entre as áreas? A partir desses questionamentos, propomos as seguintes hipóteses a serem testadas tanto em nível do canto/chamado, como em nível dos elementos do canto:

Independente do efeito da filogenia e do tamanho do corpo, as vocalizações de aves de habitat florestal, em comparação com aves de habitat aberto:

1. Apresentarão frequências menores (mínima, máxima e dominante) e, conseqüentemente, menores amplitudes de frequência, pois frequências mais agudas são transmitidas por menores distâncias na presença de barreira físicas;
2. Serão mais longas, uma vez que sinais longos tendem a ser favorecidos em habitats fechados, onde as propriedades de transmissão são constantes e a amplitude de reverberação favorece a propagação;
3. Possuirão menor taxa de repetição (menos elementos repetidos, elementos por canto, número de elementos por segundo e maior intervalo inter-elemento), ou seja, cantos mais

simples (com menos informação por unidade de tempo), já que esses cantos mais simples perdem menos informação por degradação e atenuação;

4. Terão menor ocorrência de bandas paralelas nos cantos, pois essas modulações de frequência são mais consistentes em habitats fechados;

Objetivo Geral

Descrever o padrão geral da estrutura de vocalizações de aves brasileiras de habitat aberto e habitat florestal através de análise bioacústica.

Objetivos específicos

1. Identificar a relação da massa corporal sobre as vocalizações de aves brasileiras de habitat aberto e de habitat florestal
2. Avaliar a influência da filogenia sobre as vocalizações de aves brasileiras de habitat aberto e de habitat florestal
3. Determinar possíveis diferenças na estrutura de vocalizações de aves brasileiras de habitat aberto e de habitat florestal
4. Verificar a aplicabilidade geral da HAA para os principais clados de aves brasileiras.

MATERIAL E MÉTODOS

O banco de dados foi composto originalmente de 171 vocalizações obtidas com gravações feitas por 14 pesquisadores em diversas localidades no Brasil e escolhidas por sorteio (Anexo). A maioria das espécies amazônicas do banco de dados são provenientes de NAKA *et al.* (2008). Todas as espécies utilizadas foram classificadas como sendo espécies florestais e espécies de área aberta segundo a classificação de SIGRIST (2009). Utilizou-se um critério de classificação conservador, isto é, foram removidas as espécies não consideradas típicas de cada habitat na lista final, totalizando-se 142 espécies, sendo 71 espécies de cada ambiente.

A unidade amostral foi constituída por cada espécie com enfoque em vocalizações de longa distância (cantos e chamados, dependendo do grupo taxonômico). No mínimo três repetições da vocalização típica (canto ou chamado) de cada espécie foram amostradas e a média foi usada para cada variável analisada. Para cada espécie, foi criado um arquivo individual de 16 *bit* e as gravações foram digitalizadas através do programa Adobe Audition 3.0[®] (ADOBE SYSTEMS, 2007) com taxa de amostragem de 22,05 kHz, contendo a gravação de melhor qualidade (*i.e.*, com a menor relação ruído/sinal possível). Todas as medidas bioacústicas foram feitas a partir desse arquivo. Os parâmetros acústicos foram extraídos pelo programa Raven Pro 1.4[®] (CORNELL LAB, 2009), variando-se a ampliação da imagem e utilizando fones de ouvido para a correta discriminação da vocalização de cada espécie.

A partir de cada arquivo foi analisado o sonograma (medidas de frequência) e o oscilograma (medidas temporais) para cada vocalização, além de medidas qualitativas em ambas as visualizações (Figura 1). Foram medidas as seguintes variáveis (*sensu* SLABBEKOORN, 2004 e BLUMSTEIN & TURNER, 2005): para os caracteres espectrais, a frequência máxima (FMAX), mínima (FMIN), dominante (FDM), e a amplitude de

freqüência (em Hz). Para os caracteres temporais: a duração do canto (DUC) e do elemento (DUE) (em segundos), o número de elementos por canto (EPC), e o número de elementos por segundo (EPS). Os caracteres estruturais medidos por presença ou ausência foram: a repetição de elementos (REL) e a presença de bandas paralelas (BAN) (harmônicos verdadeiros ou não). Os parâmetros de medida foram uniformizados desta: taxa de corte de -120 dB, sobreposição de 50%, transformação de Fourier a 1024-pontos rápidos, janela de 200 ms, 2 kHz e $4 \mu\text{Pa}$ para os espectrogramas e oscilogramas, respectivamente. Os cantos foram medidos em sua extensão total e também os elementos acústicos (*i.e.* unidades independentes) que os compõem.

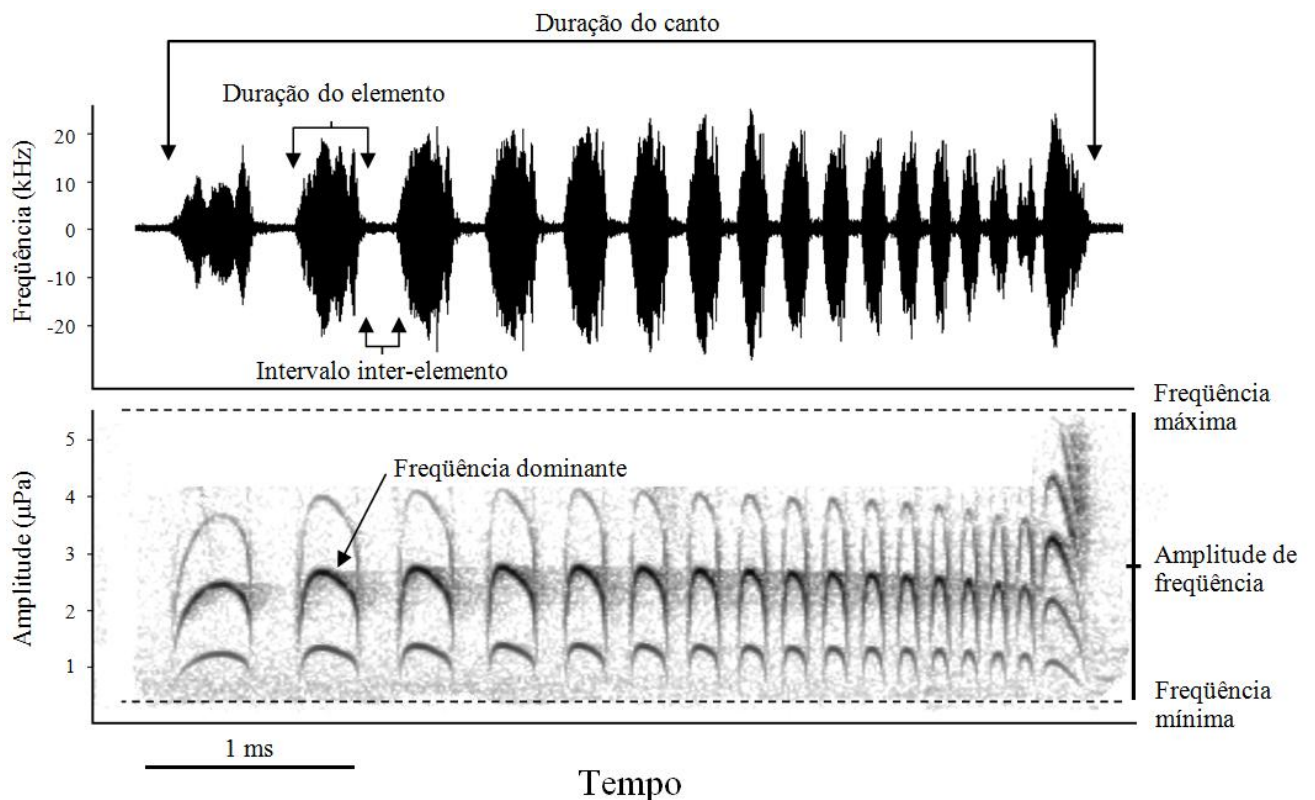


Figura 1 - Oscilograma (superior) e sonograma (inferior) do canto de anúncio de *Thamnophilus torquatus*, evidenciando os parâmetros acústicos (gravado por Nick Athanas na Chapada dos Guimarães, MT).

Análises Filogenéticas Comparativas

Na ausência de uma filogenia satisfatória que contemplasse todas as espécies de interesse, uma filogenia composta (Figuras 1-3) foi construída a partir da informação existente. Assim, a topologia geral foi obtida de HACKETT *et al.* (2008). Informações sobre alguns clados foram obtidas de outras fontes, especificamente Columbiformes (JOHNSON & CLAYTON, 2000), Psittaciformes (RUSSELLO & AMATO, 2004; WRIGHT *et al.*, 2008); Trochilidae (ALTSHULER & DUDLEY, 2002; MCGUIRE *et al.*, 2009); Passeriformes (BARKER *et al.*, 2004); Furnariides (MOYLE, 2009); Tyrannida (ERICSON *et al.*, 2006); Tyrannidae (OHLSON *et al.*, 2008; RHEINDT *et al.*, 2008), Vireonidae (CICERO & JOHNSON, 2001); Furnariidae (IRESTEDT *et al.*, 2009); Cotingidae (PRUM *et al.*, 2000; OHLSON *et al.*, 2007); Pipridae (RÊGO *et al.*, 2007); Troglodytidae (MANN *et al.*, 2006); Oscines (YURI & MINDELL, 2002); Thamnophilidae (BRUMFIELD *et al.*, 2007); Cardinalini (KLICKA *et al.*, 2007) e *Sporophila* (LIJTMAYER *et al.*, 2004).

Para garantir a independência filogenética das análises bioacústicas (RYAN & RAND, 1999), foi incorporada a informação filogenética através do cálculo dos contrastes filogenéticos independentes (CFIs; FELSENSTEIN, 1985) utilizando o módulo PDAP-PDTREE (GARLAND *et al.*, 1999, GARLAND & IVES, 2000) do programa Mesquite 2.72 (MADDISON & MADDISON, 2001). O método dos contrastes filogenéticos independentes (CFIs) consiste na comparação de valores da variável de interesse entre grupos-irmãos ao longo de uma filogenia. Os valores dos ancestrais são obtidos pela média ponderada dos descendentes, assumindo assim evolução neutra por movimento Browniano (GARLAND *et al.*, 1992). Para um conjunto de n espécies, são obtidos valores de $n-1$ contrastes, que podem, então, ser considerados como estatisticamente independentes e utilizados em uma análise de regressão linear ajustados pela origem (GARLAND *et al.*, 1992). Todas as variáveis foram logaritmizadas antes do cálculo dos CFIs. Como a direção do cálculo dos contrastes é

arbitrária, os valores dos contrastes foram positivados para o cálculo das regressões, tendo o valor da variável dependente seu sinal alterado para positivo ou negativo, de acordo com a necessidade, como sugerido por ACKERLY & REICH (1999). Segundo os mesmos autores, a positivização não altera a significância da regressão, mas apenas sua apresentação visual.

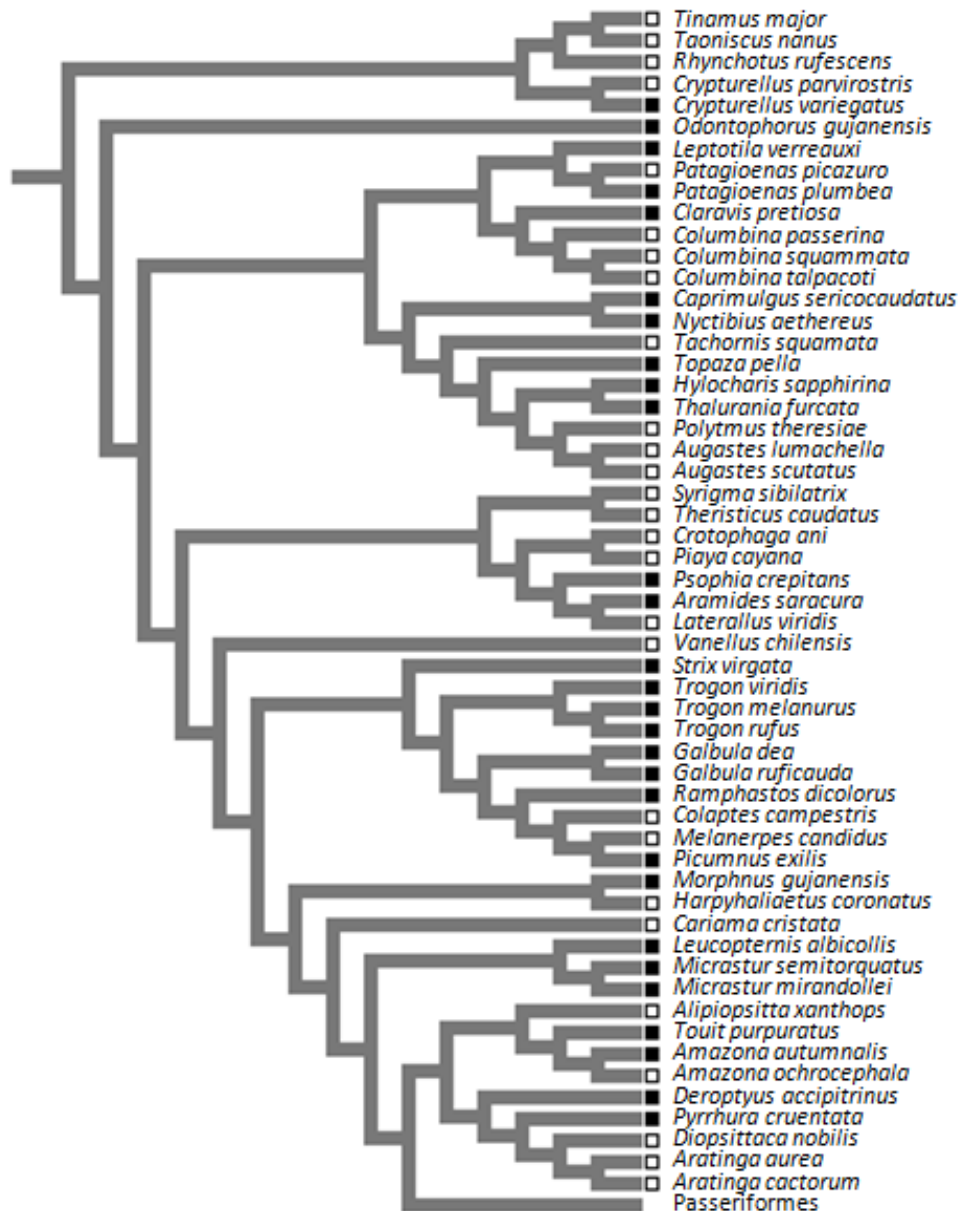


Figura 2 - Topologia composta do banco de dados de aves Não-Passeriformes brasileiras (os quadrados vazios correspondem à área aberta e os quadrados escuros à área florestal).

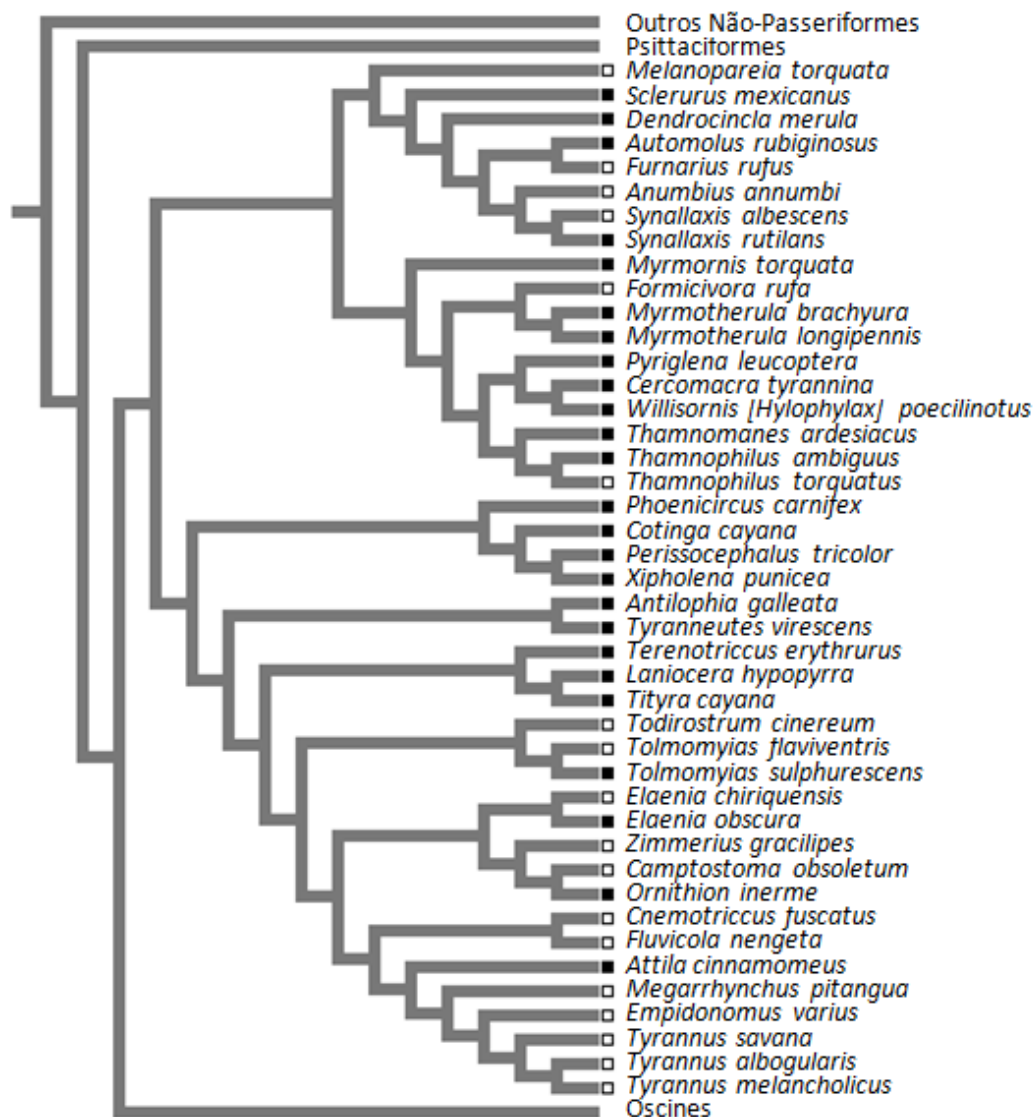


Figura 3 - Topologia composta do banco de dados de aves Suboscines brasileiras (os quadrados vazios correspondem à área aberta e os quadrados escuros à área florestal).

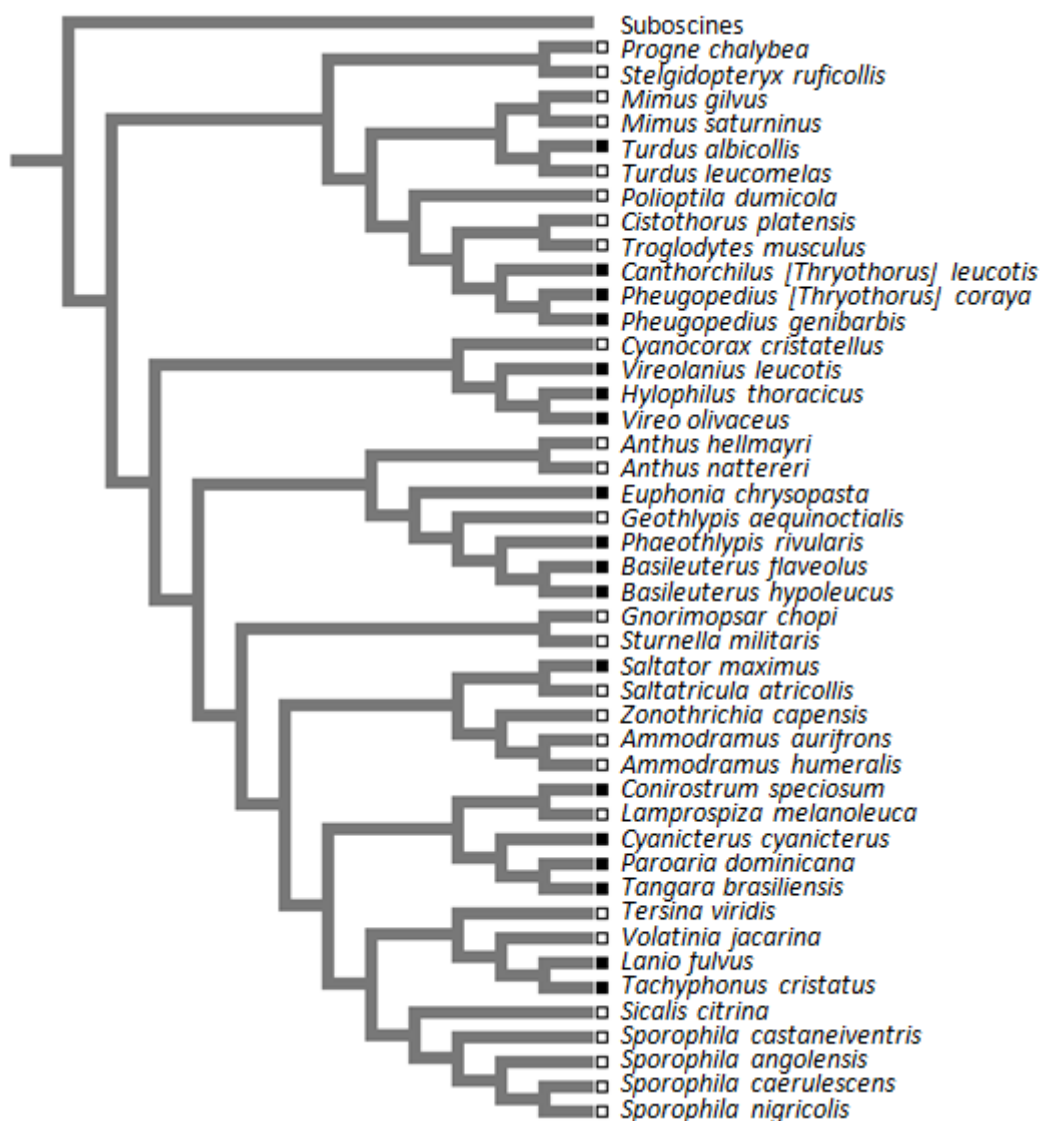


Figura 4 - Topologia composta do banco de dados de aves Oscines brasileiras (os quadrados vazios correspondem à área aberta e os quadrados escuros à área florestal).

A inferência destes valores também envolve estimativas de comprimento de ramos, que não estavam disponíveis para a hipótese filogenética utilizada. Assim, segundo a sugestão de GARLAND *et al.* (1992), diferentes transformações de comprimento de ramos foram utilizadas para obedecer a um pressuposto do método, ou seja, a ausência de associação

significativa entre os contrastes e seu desvio padrão. Para a massa e habitat, foi utilizado o comprimento de ramo igual a um. Para todas as outras variáveis, foi utilizado o método de Grafen com um ρ de 0,25 (GRAFEN, 1989). Esse método assume que os terminais são contemporâneos e a profundidade de cada nodo é dada por $1-d$, sendo d o número de espécies descendentes do nodo. Todas as variáveis confirmaram o pressuposto necessário de ausência de associação significativa ($p > 0,1$).

Como o tamanho do corpo pode influenciar as características do canto devido a fatores alométricos (MARLER & SLABBEKOORN, 2004; HUBER & PODOS, 2006), para se testar o efeito do tamanho do corpo sobre os CFIs das variáveis do canto, foram utilizadas regressões pelo método de *Least Trimmed Squares* (LTS; ROUSSEEUW & HUBERT, 1997). Esse método é menos sensível a *outliers* que podem alterar significativamente a reta da regressão linear tradicional (*Ordinary Least Squares*). Devido à alta covariância entre o tamanho do corpo e a massa corporal, a massa corporal média foi utilizada como estimador desse parâmetro, pois é a melhor estimativa indireta (RISING & SOMERS, 1989). A medida da massa corporal média para cada espécie foi obtida primordialmente de DUNNING (2008), além de WILLIS & ONIKI (2002) para *Thamnophilus ambiguus*, MAGALHÃES *et al.* (2007) para *Troglodytes musculus*, e o banco de dados do World Parrot Trust (www.parrots.org) para alguns Psittacidae.

Para as variáveis do habitat foram geradas $n-1$ variáveis *dummy*. Variáveis *dummy* são dados categóricos que assumem valores binários 0 ou 1, para área aberta ou florestal, respectivamente. Os CFIs padronizados dessa variável foram utilizados nas análises de regressão linear robusta LTS. O efeito da massa corporal foi removido utilizando os resíduos da regressão LTS das variáveis de interesse com a massa corporal.

As hipóteses baseadas em caracteres binários foram testadas através do teste de comparação filogenética par-a-par (*phylogenetic pairwise comparison*; READ & NEE, 1995;

MADDISON, 2000), um módulo do programa Mesquite 2.72 (MADDISON & MADDISON 2004). Esse método encontra o conjunto máximo de possíveis comparações entre pares filogeneticamente independentes. Foi escolhida a comparação de dois pares, que seleciona pares de taxa que diferem no estado de ambos os caracteres binários. O número de permutações realizadas foi de 100.000 para as análises. Para analisar os resultados estatisticamente, cada par foi considerado como uma observação independente e as contagens comparadas usando um teste do χ^2 , com a correção de Yates e o teste exato de Fisher quando a contagem foi menor que 5 (SUMMERS *et al.*, 2007).

A inflação de α causada pelo uso de testes múltiplos foi controlada pelo uso da Taxa de Falsa Descoberta (TFD) de BENJAMINI & HOCHBERG (1995). Para se calcular o valor de p corrigido pela TFD, os valores de p são ranqueados em ordem crescente. Cada valor corrigido é então calculado por $p_i^*(n/n-1)$, sendo n o número de ranques para cada conjunto de comparações múltiplas e i a probabilidade do ranque. Compara-se, então, cada valor ao valor de $\alpha=0,05$. Esse método é mais robusto e menos conservador que a correção de Bonferroni em relação ao Erro Tipo I (GARCÍA, 2004).

Como as evidências da HAA não são dispersas igualmente entre os taxa (EY & FISCHER, 2009), análises separadas foram realizadas para a) todas as 142 espécies (denominada, daqui em diante, de *Aves-BR*), b) não-Passeriformes, c) Passeriformes, d) Suboscines e e) Oscines para verificar possíveis efeitos filogenéticos dos clado sobre a estrutura da vocalização. A comparação por clados tem o intuito de testar a aplicabilidade geral da hipótese entre os principais grupos de aves brasileiras, visto que aves Não-Passeriformes apresentam siringe muito simples, Passeriformes possuem a vocalização mais complexa, porém todos os Oscines aprendem o canto, padrão oposto ao de Suboscines (GILL, 2007). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando os programas Systat 12[®] (SYSTAT Co., 2007) e Minitab 15[®] (MINITAB Inc., 2009).

RESULTADOS

A influência da massa corporal

Aves maiores apresentaram menor frequência mínima do canto em Aves-BR ($p_{\text{tfd}} < 0,001$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} < 0,001$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}} < 0,05$) e Oscines ($p_{\text{tfd}} < 0,05$) (Figura 5), porém não houve associação significativa para Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$). Não houve associação significativa entre a frequência máxima e a massa e Aves-BR ($p_{\text{tfd}} > 0,05$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} = 1,0$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,1$) ou Oscines ($p_{\text{tfd}} > 0,1$).

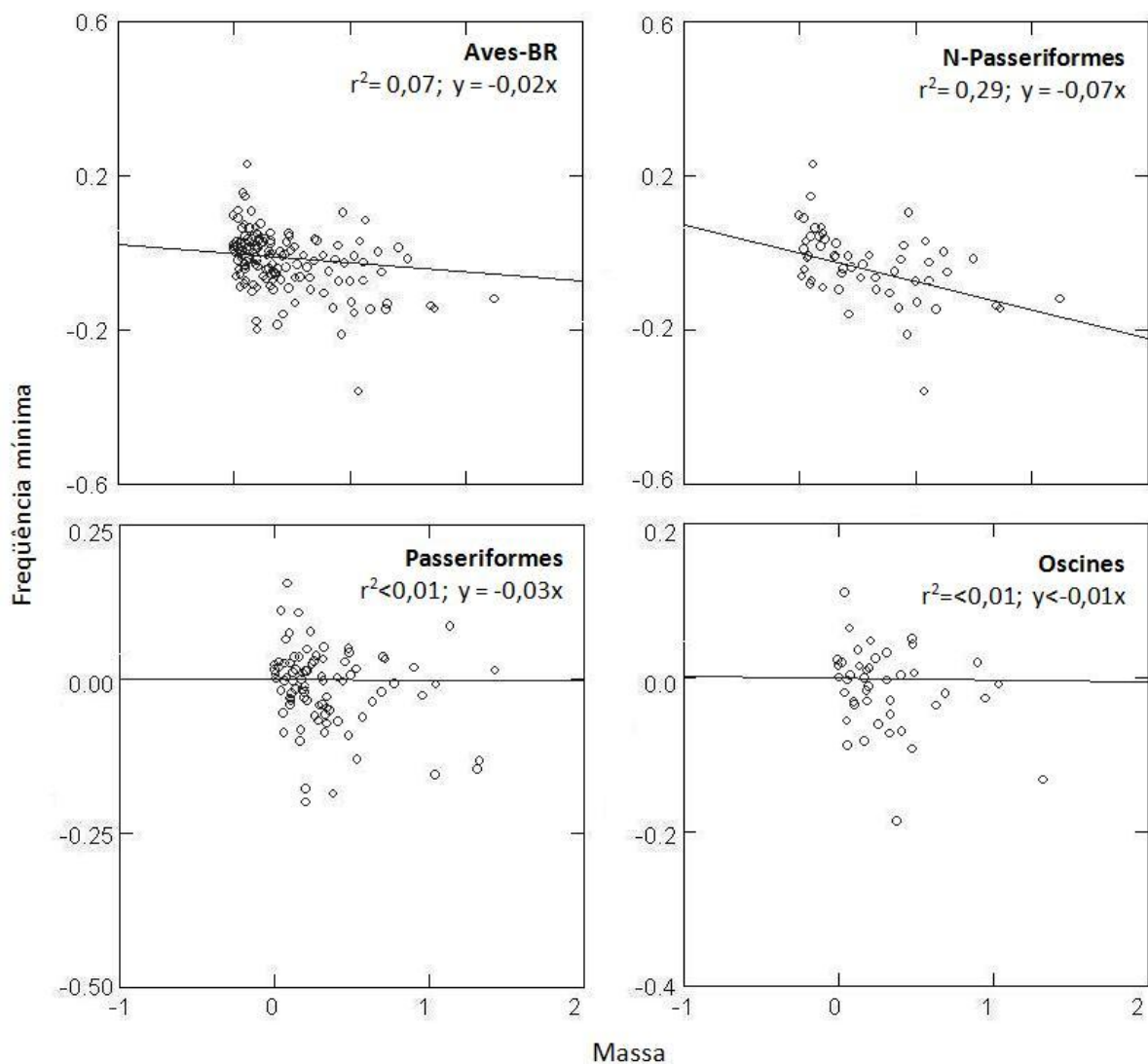


Figura 5 – Regressão dos CIFs da frequência mínima dos cantos e massa corporal de aves brasileiras.

Aves maiores apresentaram menor amplitude de frequência em Passeriformes ($p_{\text{tfd}} < 0,05$) (Figura 6). Não houve associação significativa entre a amplitude de frequência e a massa para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,5$), Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$) e Oscines ($p_{\text{tfd}} > 0,05$). A frequência dominante foi menor em aves maiores para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} < 0,001$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} < 0,001$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}} < 0,01$) e Oscines ($p_{\text{tfd}} < 0,05$) (Figura 7), porém não houve associação significativa entre a frequência dominante e a massa para Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,1$).

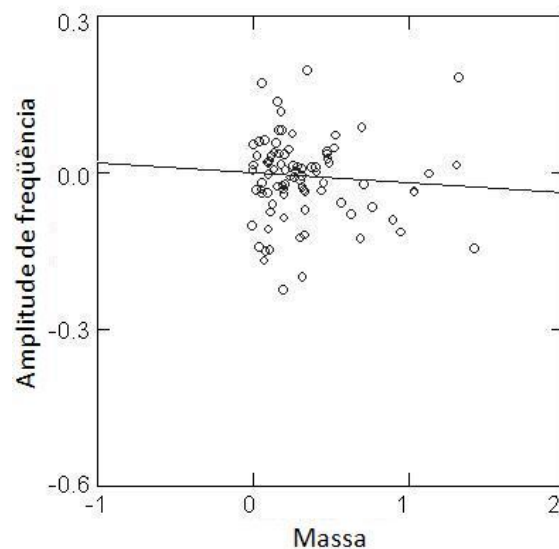


Figura 6 - Resultados da regressão dos CIFs da amplitude de frequência dos cantos e massa corporal de aves Passeriformes brasileiras.

Não houve associação significativa entre a duração do canto e a massa para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,5$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$) e Oscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$).

Aves maiores apresentaram menor frequência mínima dos elementos em Aves-BR ($p_{\text{tfd}} < 0,001$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} < 0,001$) e Oscines ($p_{\text{tfd}} < 0,001$) (Figura 8). Não houve associação significativa entre a frequência mínima dos elementos e a massa para Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,05$) e Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,1$).

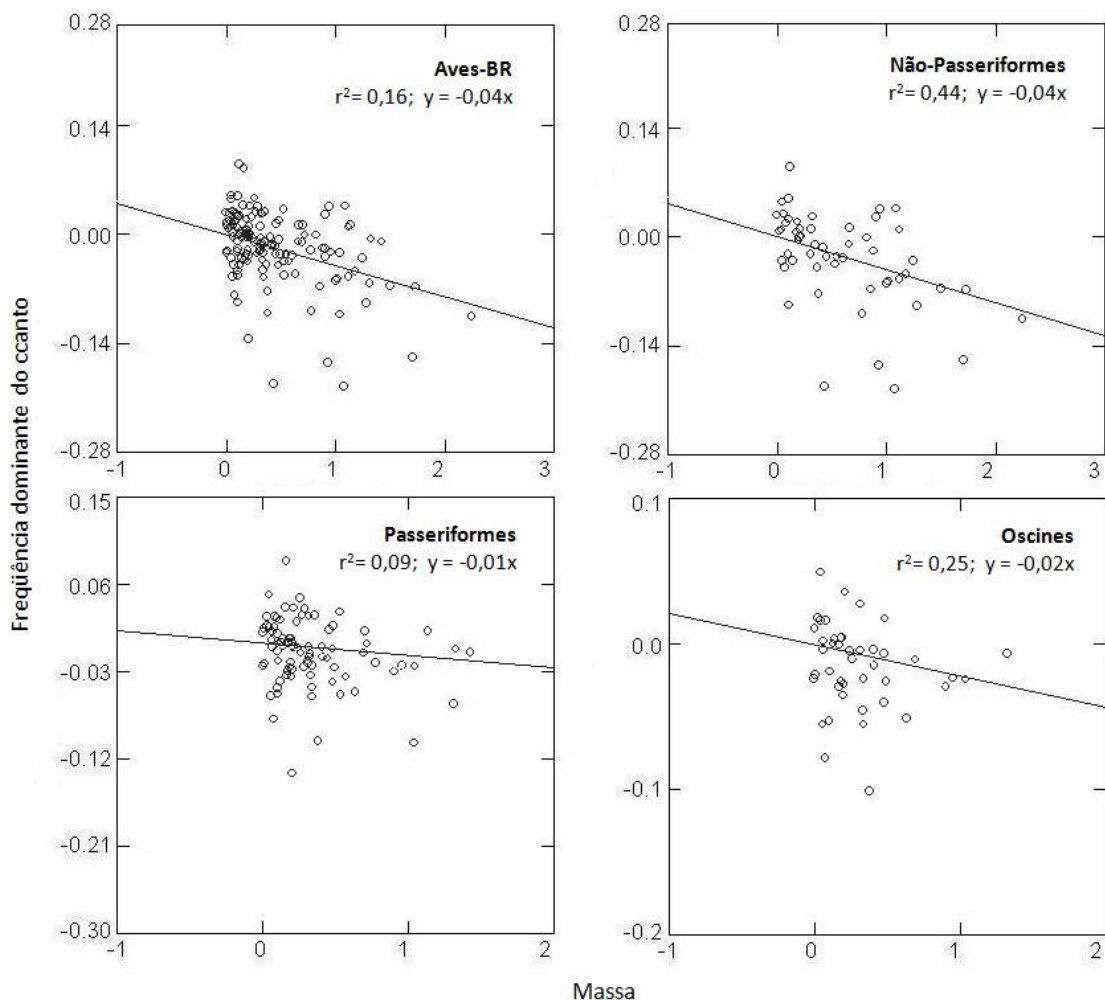


Figura 7 - Resultados da regressão dos CIFs da frequência dominante do canto e massa corporal de aves brasileiras.

Não houve associação significativa entre a frequência máxima e a massa para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} > 0,05$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,5$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,1$) ou Oscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$). Não houve associação significativa entre a amplitude de frequência e a massa para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} > 0,5$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,5$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,1$) ou Oscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$). A frequência dominante foi menor em aves maiores para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} < 0,001$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} < 0,001$) e Oscines ($p_{\text{tfd}} < 0,05$) (Figura 9). Não houve associação significativa entre a frequência dominante e a massa para Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,05$) ou Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,1$).

Aves maiores apresentaram maior duração do canto para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} < 0,01$) e Oscines ($p_{\text{tfd}} < 0,01$) (Figura 10), porém não houve associação significativa entre a duração do canto e a massa para Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,5$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,1$) ou Suboscines ($p_{\text{tfd}} = 1,0$). Aves maiores apresentaram maior número de elementos por canto em Oscines ($p_{\text{tfd}} < 0,05$) (Figura 11), porém não houve associação significativa entre o número de elementos por canto para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,5$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,1$) ou Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$).

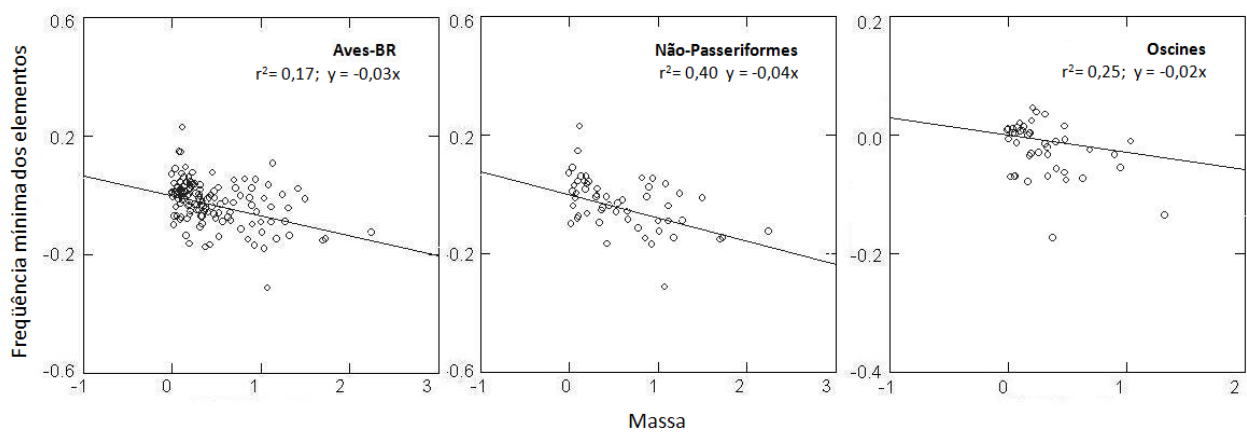


Figura 8 - Resultados da regressão dos CIFs da frequência mínima média dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.

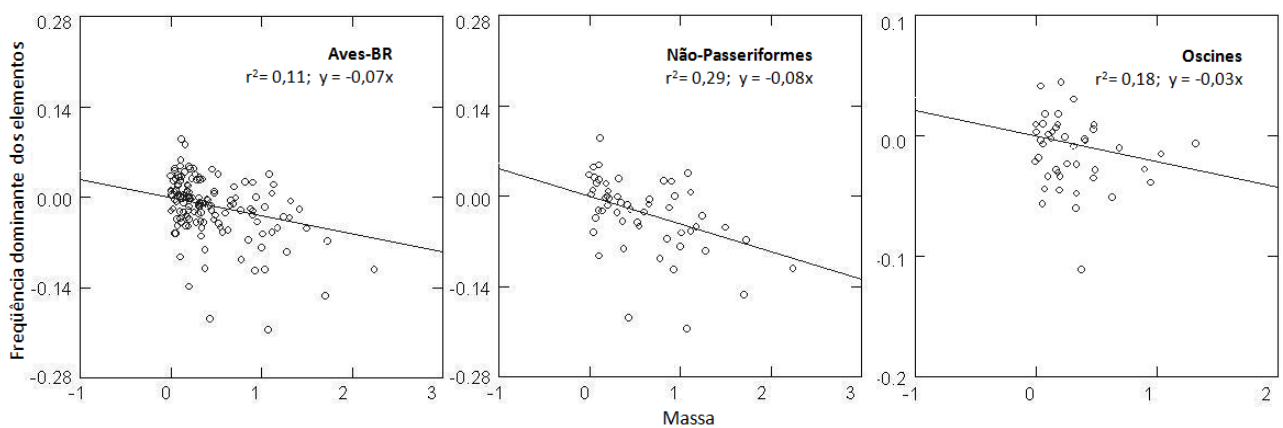


Figura 9 - Resultados da regressão dos CIFs da frequência dominante dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.

Aves maiores apresentaram menor número de elementos por segundo em Aves-BR ($p_{\text{tfd}} < 0,005$) e Passeriformes ($p_{\text{tfd}} < 0,05$) (Figura 12), porém não houve associação significativa entre o número de elementos por segundo para Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,1$) e Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,05$). Aves maiores apresentaram maior intervalo inter-elemento para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} < 0,05$) e Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,01$) (Figura 13), porém não houve associação significativa entre o intervalo inter-elemento e a massa para Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,1$) e Oscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$).

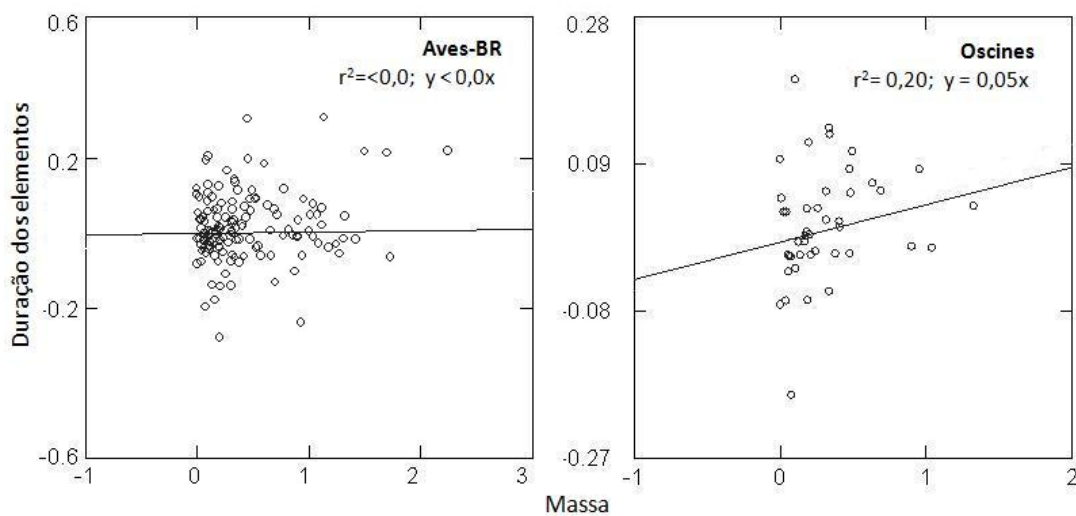


Figura 11 - Resultados da regressão dos CFIs da duração dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.

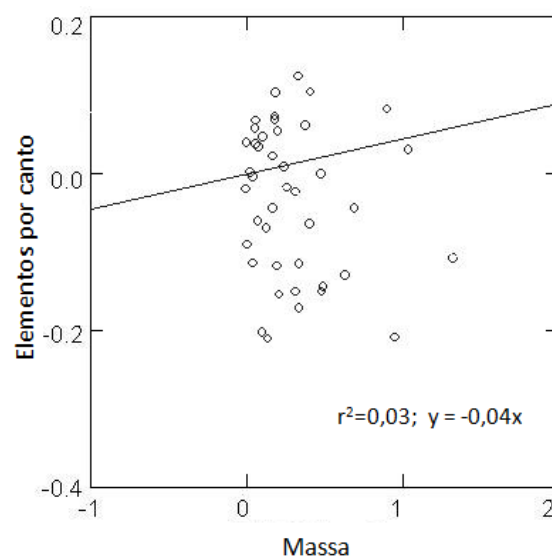


Figura 10 - Resultados da regressão dos CFIs do número de elementos por canto e massa corporal de aves Oscines brasileiras.

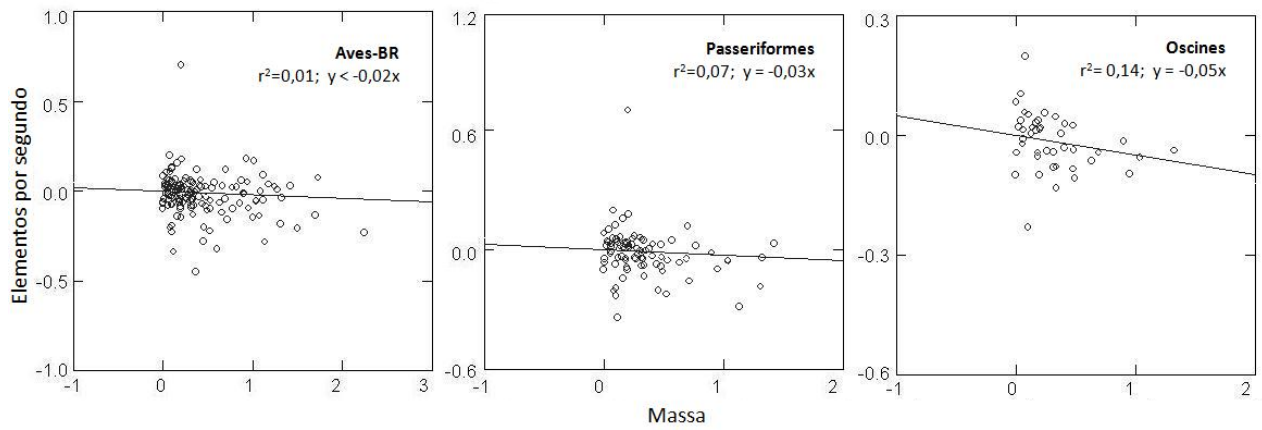


Figura 12 - Resultados da regressão dos CFIs do número de elementos por segundo e massa corporal de aves brasileiras.

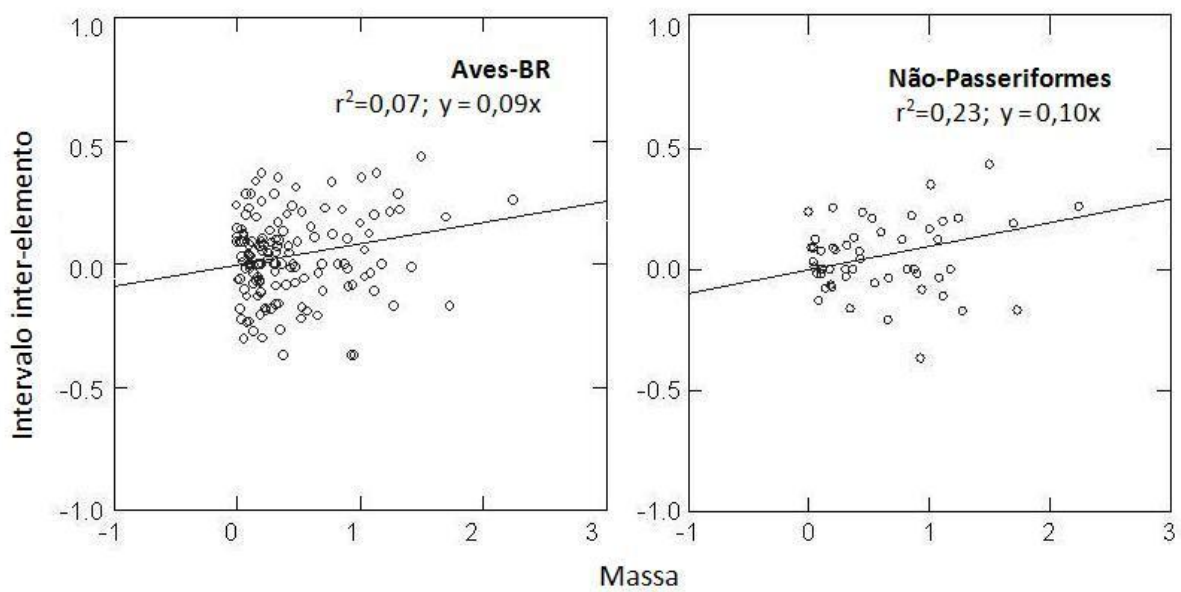


Figura 13 - Resultados da regressão dos CFIs do intervalo inter-elemento e massa corporal de aves brasileiras.

A influência do habitat

Não houve associação significativa entre a duração do canto e o habitat para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,5$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,1$) e Oscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$).

Não houve associação significativa entre os resíduos da frequência mínima do canto e o habitat para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,5$) e Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), nem entre a frequência mínima do canto e o habitat para Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$) e Oscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$).

Não houve associação significativa entre a frequência máxima do canto e o habitat para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,5$) ou Suboscines ($p_{\text{tfd}} = 1,0$), nem entre os resíduos da frequência máxima do canto e o habitat para Oscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$). Não houve associação significativa entre a amplitude de frequência do canto e o habitat e para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} > 0,1$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,05$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,5$) ou Suboscines ($p_{\text{tfd}} = 1,0$) nem entre os resíduos da amplitude de frequência e o habitat para Oscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$).

Não houve associação significativa entre os resíduos da frequência dominante e o habitat para Aves-BR ($p_{\text{tfd}} > 0,5$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,5$) ou Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,5$), nem entre a frequência dominante e o habitat para Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$) e Oscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$).

Não houve associação significativa entre a presença de bandas paralelas e o habitat para Aves-BR (11 positivos, 15 negativos; $\chi^2 = 0,35$ (Yates); $p > 0,05$), Passeriformes (9 positivos, 8 negativos; $\chi^2 = 0,00$ (Yates); $p > 0,05$), Suboscines (4 positivos, 4 negativos; Fisher, $p > 0,05$) ou Oscines (5 positivos, 3 negativos; Fisher, $p > 0,05$). Houve uma tendência de aves Não-Passeriformes de área aberta vocalizarem com mais bandas paralelas (1 positivo, 8 negativos; Fisher, $p < 0,01$).

Não houve diferenças significativas entre a repetição de elementos e o habitat para Aves-BR (10 positivos, 19 negativos; $\chi^2 = 2,21$ (Yates); $p > 0,05$), Não-Passeriformes (3

positivos, 8 negativos; $\chi^2=1,46$; $p>0,05$), Passeriformes (7 positivos, 11 negativos; $\chi^2=4,76$ (Yates); $p<0,05$); Suboscines (4 positivos, 6 negativos; $\chi^2=0,10$ (Yates); $p>0,05$) ou Oscines (3 positivos, 4 negativos; Fisher, $p>0,05$).

Não houve associação significativa entre a frequência mínima e o habitat para Suboscines ($p_{\text{tfd}}>0,5$) nem entre os resíduos da frequência mínima e o habitat para Aves-BR ($p_{\text{tfd}}>0,1$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}}>0,5$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}}>0,1$) ou Oscines ($p_{\text{tfd}}>0,5$). Não houve associação significativa entre a frequência máxima e o habitat para Aves-BR ($p_{\text{tfd}}>0,1$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}}>0,5$), Suboscines ($p_{\text{tfd}}>0,5$) ou Oscines ($p_{\text{tfd}}=1,0$). Não houve associação significativa entre a amplitude de frequência e o habitat para Aves-BR ($p_{\text{tfd}}>0,5$), Não-Passeriformes ($p>0,1$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}}>0,5$), Suboscines ($p_{\text{tfd}}>0,5$) ou Oscines ($p_{\text{tfd}}=1,0$). Não houve associação significativa entre a frequência dominante e o habitat para Aves-BR ($p_{\text{tfd}}>0,5$) e Suboscines ($p_{\text{tfd}}>0,5$), nem entre os resíduos da frequência dominante e o habitat para Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}}>0,5$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}}>0,5$) ou Oscines ($p_{\text{tfd}}=1,0$).

Aves Passeriformes apresentaram uma tendência fraca de vocalizações com maior duração dos elementos no habitat florestal quando comparadas a aves Passeriformes de habitat aberto ($p_{\text{tfd}}<0,05$) (Figura 14).

Não houve associação significativa entre a duração dos elementos para Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}}>0,1$) e Suboscines ($p_{\text{tfd}}>0,05$), nem entre os resíduos da duração dos elementos e o habitat para Aves-BR ($p_{\text{tfd}}>0,5$) ou Oscines ($p_{\text{tfd}}>0,5$). Não houve associação significativa entre o número de elementos por canto e o habitat para Aves-BR ($p_{\text{tfd}}>0,5$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}}>0,1$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}}>0,1$) ou Suboscines ($p_{\text{tfd}}>0,1$) e os resíduos do número de elementos por canto e o habitat para Oscines ($p_{\text{tfd}}>0,5$). Não houve associação significativa entre os resíduos do número de elementos por canto e o habitat para a Aves-BR ($p_{\text{tfd}}>0,05$), Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}}>0,05$), Passeriformes ($p_{\text{tfd}}>0,1$), Suboscines ($p_{\text{tfd}}>0,1$) ou Oscines ($p_{\text{tfd}}>0,5$).

Não houve associação significativa entre o intervalo inter-elemento e o habitat para Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,05$), Suboscines ($p_{\text{tfd}} > 0,05$) ou Oscines ($p_{\text{tfd}} > 0,5$), nem entre os resíduos do intervalo inter-elemento e o habitat para a Aves-BR ($p_{\text{tfd}} > 0,5$) e Não-Passeriformes ($p_{\text{tfd}} > 0,5$).

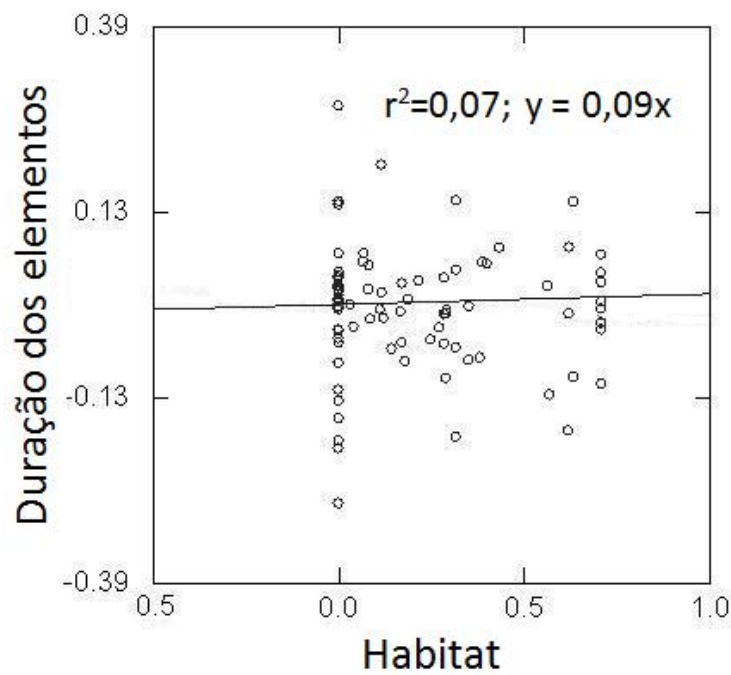


Figura 14 - Resultados da regressão dos CFIs da duração média dos elementos e habitat de aves Passeriformes brasileiras.

DISCUSSÃO

Todas as variáveis mensuradas para os caracteres espectrais, temporais e estruturais estão entre as melhores preditoras em estudos de caráter descritivo, como sugerido em resumo por BARKER (2008). A incorporação da informação filogenética, através do uso dos contrastes filogenéticos independentes e da comparação pareada ainda forneceu um ganho na precisão, quando se distingue a inércia filogenética de processos ecológicos legítimos (BONCORAGLIO & SAINO, 2007). Convém destacar que o presente trabalho é o primeiro a testar a Hipótese da Adaptação Acústica em tão grande escala geográfica, no Brasil e na região Neotropical, usando 142 de espécies de aves.

A influência da massa corporal

Considerada a filogenia, espécies maiores apresentaram menor frequência mínima e frequência dominante, sendo esse o padrão para as aves brasileiras em geral e todos os subgrupos analisados com exceção de Suboscines, cujos caracteres do canto não apresentam qualquer associação significativa com a massa. As espécies brasileiras maiores em geral apresentaram valores menores apenas na frequência mínima e na frequência dominante. Essa influência foi encontrada apenas para a frequência mínima e frequência dominante em Não-Passeriformes e Oscines quando analisados separadamente. Apesar disso, esses efeitos são muito fracos para a maioria dos grupos, com exceção de Não-Passeriformes.

A ausência de influência morfológica sobre os caracteres espectrais em Suboscines merece especial atenção, visto que existe evidência em pelo menos uma espécie brasileira (*Pitangus sulphuratus*) de independência da musculatura siringeal na modulação de frequência (AMADOR *et al.*, 2008). A duração e o intervalo inter-elemento foram maiores em espécies maiores e os elementos por segundo foram menores em espécies maiores em Passeriformes, quando analisados separadamente. Ou seja, Passeriformes maiores possuem

cantos mais lentos, em geral. Em Oscines houve uma tendência de aves maiores emitirem vocalizações com maior duração dos elementos, mais elementos por canto e menos elementos por segundo.

A diferença na direção dessa associação significativa de morfologia e vocalização entre os dois clados de Passeriformes (Oscines e Suboscines) era esperada, visto que a incapacidade de aprendizagem entre Suboscines e, por outro lado, a forte seleção cultural em Oscines pode determinar diferentes cenários evolutivos para os caracteres vocais (SEDDON, 2005; BRUMM & NAGUIB, 2009).

PODOS (1997), em um estudo com várias espécies neotropicais de Emberizidae, demonstrou que a abertura do bico altera não só a amplitude de frequência das sílabas, mas a velocidade dos trinados. Sílabas com baixa amplitude de frequência eram emitidas em taxas de repetição variadas; porém, sílabas com alta amplitude de frequência só eram emitidas em baixas taxas de repetição. Isto é, ou a ave abre e fecha o bico diversas vezes durante a vocalização para emitir trinados, ou ela varia a abertura do bico para alcançar amplitudes maiores. Resultados semelhantes foram encontrados por BALLENTINE *et al.* (2004) para *Melospiza georgiana* na América do Norte.

O presente estudo apresenta evidências de que, para Oscines brasileiros, existe um conflito funcional (*trade-off*) entre a amplitude de frequência e o número de elementos, como proposto por PODOS (1996, 1997) e BALLENTINE *et al.* (2004). Assim, a seleção, atuando na variação inter-individual em cantos não-aprendidos exercerá uma forte pressão no aparato vocal, enquanto a morfologia siringeal será menos afetada em aves com aprendizagem (PRUM, 1992).

A covariância da massa corporal com vários caracteres espectrais e temporais está de acordo com o padrão encontrado em várias aves (WILEY, 1991; BADYAEV & LEAF, 1997; BERTELLI & TUBARO, 2002; HUBER & PODOS, 2006). O mesmo se verifica em outros

grupos animais como mamíferos, insetos e anfíbios (ver revisão em EY & FISCHER, 2009). Nota-se que outras estruturas biomecânicas, como a forma do bico, podem exercer forte influência nos caracteres do canto (PODOS, 1996, 1997, 2001; SEDDON, 2005; BALLENTINE, 2006), além do comportamento social (BALLENTINE *et al.*, 2004; BARKER & MENNILL, 2009), da densidade (NICHOLS & GOLDIZEN, 2006), do clima (BRUMM & NAGUIB, 2009) da altitude (KIRSHELL *et al.*, 2009) e até mesmo fatores estocásticos (IRWIN *et al.*, 2008).

A influência do habitat

O resultado do teste da Hipótese da Adaptação Acústica utilizando como modelo aves brasileiras apresentou suporte limitado para as previsões analisadas (*sensu* MORTON 1975; HANSEN 1979; ROTHSTEIN & FLEISCHER, 1987; HYLTON & GODARD, 2001; BLUMSTEIN & TURNER, 2005; WILEY, 2009). Removendo-se o efeito da filogenia e da massa corporal, Não-Passeriformes de área aberta apresentam uma maior ocorrência de bandas paralelas nas vocalizações, quando comparadas a aves de habitat florestal. Esse padrão corrobora um estudo semelhante feito com aves australianas que também comparou a estrutura da vocalização de aves de habitat aberto e florestal (BLUMSTEIN & TURNER, 2005). Trata-se de um resultado que confirma uma das previsões da Hipótese da Adaptação Acústica de Morton (1975), uma vez que bandas paralelas tendem a degradar os sinais e aumentar a reverberação. Apesar disso, esse efeito não foi geral para todas as aves. SLABBEKOORN *et al.* (2002), estudando Passeriformes africanos, concluíram que a reverberação, quase sempre vista como um fator limitante para a comunicação (especialmente em habitats florestais), pode beneficiar a transmissão de sinais, dependendo da estrutura do sinal, e alterar a dinâmica nas pressões seletivas impostas pelo ambiente sobre os sinais acústicos.

As espécies de aves brasileiras de habitat aberto não vocalizaram com maior amplitude de frequência do canto, quando comparadas a aves de habitat florestal. Isto contradiz o estudo de BERTELLI & TUBARO (2002), que sugerem que esse padrão parece ser adaptativo entre espécies de Tinamidae - aves de chão. NICHOLS & GOLDIZEN (2006), utilizando como modelo o *satin bowerbird* (*Ptilonorhynchus violaceus*) da Austrália, compararam várias populações de área aberta e fechada em um gradiente de clima tropical a temperado e confirmaram várias previsões (espectrais) da Hipótese da Adaptação Acústica. Já SAUNDERS & SLOTOW (2004) não confirmaram qualquer uma das previsões da HAA para 40 espécies de Passeriformes sul-africanos, o que sugere efeitos distintos em algumas regiões do Hemisfério Sul, possivelmente ligados à estrutura da vegetação.

Houve uma tendência muito fraca de Passeriformes de habitat florestal vocalizarem com maior duração dos elementos quando comparadas a aves de habitats abertos. Isto corrobora outra previsão da HAA, pois cantos com elementos longos aumentam a detectabilidade em ambientes florestais (NEMETH *et al.*, 2005). WILEY (1991) observou que, no leste da América do Norte, as características temporais das vocalizações de Oscines tiveram uma maior associação com o habitat que os caracteres espectrais do canto, corroborando os resultados do presente estudo. Não houve uma tendência de aves de habitat florestal vocalizarem com maior intervalo inter-elemento, quando comparadas a aves de habitat abertos. Essa associação também não foi observada nas metanálises de BONCORAGLIO & SAYNO (2007) e EY & FISCHER (2009).

A Estrutura da Vocalização de Aves Brasileiras

Nas 142 espécies de aves brasileiras analisadas, as frequências do canto que parecem sofrer maior influência da massa corporal independentemente da filogenia são a mínima e a dominante, com exceção de Suboscines. No geral, aves sofrem uma restrição anatômica do

aparato vocal para frequências mínimas muito graves (BADYAEV & LEAF, 1997). Aves muito pequenas não podem emitir notas tão graves quanto aves maiores. Já a frequência dominante é o maior investimento energético na vocalização, ou seja, aves maiores podem investir mais energia em frequências dominantes mais graves cuja transmissibilidade é otimizada.

EY & FISCHER (2009) sugerem que as evidências da Hipótese da Adaptação Acústica sejam mais fortes entre anuros e mamíferos e que essas evidências não são dispersas igualmente entre os taxa. A ausência de um padrão geral de adaptação acústica, como observado nesse estudo contradiz a aplicabilidade das predições de MORTON (1975), cujos dados pioneiros são provenientes de uma floresta tropical no Panamá. A metanálise de BONCORAGLIO & SAINO (2007) não considerou os principais caracteres temporais ou estruturais (p. ex. duração do canto e dos elementos). Nossos resultados são coerentes com outros estudos com aves e corroboram a idéia que diferentes processos de seleção são específicos para cada grupo taxonômico (PRICE *et al.*, 2006; BRUMM & NAGUIB, 2009; EY & FISCHER, 2009). Diferente de Oscines, os Suboscines e a maioria dos Não-Passeriformes não possuem capacidade de aprendizado (SLABBEKOORN, 2004; SEDDON, 2005; CATCHPOLE & SLATER, 2008); contudo isto parece não ser uma restrição para a adaptação da comunicação de longo alcance (EY & FISCHER, 2009).

Outra questão importante é a dicotomia esperada entre espécies de clima temperado e espécies tropicais. Caracteres como os cantos, que variam geograficamente e com o habitat, podem contribuir para o processo de especiação (PODOS & WARREN, 2007). LUTHER (2009) observou uma forte divergência comportamental, temporal, espacial e acústica em uma comunidade de aves da Amazônia. Especificamente as vocalizações de aves sintópicas eram muito distintas, devido à complexidade do ambiente. Já CARDOSO & PRICE (2010), comparando comunidades de Passeriformes europeus e norte-americanos, concluíram que

havia uma forte convergência acústica de áreas semelhantes entre os continentes, porém a proporção de variação interespecífica estruturando essas comunidades foi muito pequena.

Conforme BARKER (2008), além da maioria dos estudos bioacústicos com aves se concentrarem em regiões temperadas, vários processos determinísticos no Hemisfério Norte podem não ser os mesmos, ou ainda, não exercerem pressão seletiva com a mesma intensidade que nas regiões tropicais. Uma possível explicação para isso seria a possibilidade de que espécies florestais de clima tropical e as de clima temperado sofram pressões seletivas diferentes durante a vocalização. Espécies florestais nos trópicos vocalizam geralmente próximas ao solo, onde a transmissibilidade é melhor, enquanto espécies de clima temperado, mesmo as que forrageiam no chão, tendem a cantar em poleiros altos (WILEY & RICHARDS, 1982).

No entanto, outros custos da vocalização devem também ser levados em consideração, como a possibilidade de aumentar indiretamente a atratividade de predadores ou mesmo a perda excessiva de energia por estar mais exposto em um poleiro (WARD & SLATER, 2005). Portanto, o fato de não haver corroboração da maioria das predições da Hipótese da Adaptação Acústica para aves brasileiras não sugere necessariamente ausência de pressões ambientais sobre caracteres bioacústicos, visto que outros processos podem ser importantes na estruturação da vocalização, como a seleção sexual, a predação e a seleção cultural.

Diante do cenário apresentado, algumas propostas para futuros estudos bioacústicos com aves no Brasil e nos Neotrópicos podem ser delimitadas. Em primeiro lugar, existe a necessidade de estudos que avaliem com maior detalhamento os gradientes de vegetação e a transmissibilidade de sinais em diversas estruturas fitofisionômicas. Em segundo lugar, estudos bioacústicos que estejam focados em ecologia de populações, espécies ou grupos taxonômicos mais inclusos certamente irão apontar processos específicos ligados aos taxa.

CONCLUSÕES

1. A frequência mínima e a frequência dominante parecem ser mais influenciadas negativamente pelo tamanho do corpo, especialmente em Não-Passeriformes..
2. Para Oscines brasileiros, aparentemente existe um conflito funcional (*trade-off*) entre a amplitude de frequência e o número de elementos do canto.
3. A maioria das predições da Hipótese da Adaptação Acústica não foram confirmadas, indicando a não aplicabilidade geral da HAA, suporte estatístico fraco e prevalência diferencial entre os taxa de aves.
4. Aves Não-Passeriformes brasileiras de habitat aberto vocalizaram com mais bandas paralelas, um resultado previsto pela HAA, sugerindo um benefício do uso da redundância para aumentar a detectabilidade.
5. Existe uma fraca tendência de Passeriformes brasileiros de habitat florestal vocalizarem com maior duração de elementos, corroborando outra predição da HAA: o uso de sinais longos em habitats florestais para favorecer a propagação e a detectabilidade em ambientes florestais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERLY, D. D. & P. B. REICH. 1999. Convergence and correlations among leaf size and function in seed plants: a comparative test using independent contrasts. *American Journal of Botany* 86: 1272-1281.
- ALTSHULER, D. L. & DUDLEY, R.. The ecological and evolutionary interface of hummingbird flight physiology. *Journal of Experimental Biology*, 205: 2325-2336.
- AMADOR, A.; GOLLER, F. & MINDLIN, G. B. 2008. Frequency modulation during song in a suboscine does not require vocal muscles. *Journal of Neurophysiology*, 99:2383-2389.
- BADYAEV, A. V. & LEAF, E. S. 1997. Habitat associations of song characteristics in *Phylloscopus* and *Hippolais* warblers. *Auk*, 114, 40–46.
- BALLENTINE, B.; HYMAN J.; NOWICKI S. 2004. Vocal performance influences female response to male birdsong: an experimental test. *Behavioural Ecology*, 15:163–168.
- BALLENTINE, B. 2006. Natural selection influences the evolution of a signal used in mate choice. *Evolution*, 60: 1936-1944.
- BARBER, J. R.; CROOKS, K. R. & FRISTRUP, K. M. 2009. The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(3):180-189.
- BARKER, N. K.; MENNILL, D. J. 2009. Song perch height in rufous-and-white wrens: Does behaviour enhance effective communication in a tropical forest? *Ethology*, 115:897-904.
- BARKER, N. K. 2008. Bird song structure and transmission in the neotropics: trends, methods and future directions. *Ornitologia Neotropical*, 19:175-199.
- BARKER, F. K.; CIBOIS, A. SCHIKLER, P.; FEINSTEIN, J. & CRACRAFT, J. 2004. Phylogeny and diversification of the largest avian radiation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101:11040-11045.

- BENJAMINI, Y.; HOCHBERG, Y. 1995. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Methodological)*, 57(1): 289–300.
- BERTELLI, S. & TUBARO, P. L. 2002. Body mass and habitat correlates of song structure in a primitive group of birds. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2002:423–430.
- BLUMSTEIN, D. T. & TURNER, A. C. 2005. Can the acoustic adaptation hypothesis predict the structure of Australian birdsong? *Acta Ethologica*, 15:35-44.
- BONCORAGLIO, G. & SAINO, N. 2007. Habitat structure and the evolution of bird song: a meta-analysis of the evidence for the acoustic adaptation hypothesis. *Functional Ecology* 21:134–142.
- BOWDAN, E. & WYSE, G. A.; 1996. Sensory Ecology: Introduction. *Biological Bulletin* 191:122- 123.
- BRENOWITZ, E. A. 1982. The active space of red winged blackbird song. *Journal of Comparative Physiology*, 147:511–522.
- BROWN, T. J. & HANDFORD, P. 1996. Acoustic signal amplitude patterns: a computer simulation investigation of the acoustic adaptation hypothesis. *Condor*, 98:608-623.
- BROWN, T. J. & HANDFORD, P. 2000. Sound design for vocalizations: quality in the woods, consistency in the fields. *Condor*, 102: 81–92.
- BRUMFIELD, R. T.; TELLO, J. G.; CHEVIRON, Z. A.; CARLING, M. D.; CROCHET, N. & ROSENBERG, K. V. 2007. Phylogenetic conservatism and antiquity of a tropical specialization: Army-ant-following in the typical antbirds (Thamnophilidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 45(1):1-13.
- BRUMM, H. & NAGUIB, M. 2009: Environmental acoustics and the evolution of bird song. *Advances in the Study of Behaviour*, 40:1-33.

- CARDOSO G. C. & PRICE T. D. 2010. Community convergence in bird song. *Evolutionary Ecology*, 24:447-461.
- CATCHPOLE, C. K. & SLATER, P. J. B. 2008. *Bird Song: Biological Themes and Variations. Second Edition*. Cambridge University Press, Cambridge. 335 pp.
- CBRO - Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. 2009. *Lista das aves do Brasil*. Versão 9/8/2009. Disponível em <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em 05 de maio de 2010.
- CICERO, C.; JOHNSON, N. K. 2001. Higher-level phylogeny of New World vireos (Aves: Vireonidae) based on sequences of multiple mitochondrial DNA Genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 20:27-40.
- CORNELL. 2008. *Raven Pro 1. 4 beta*. Bioacoustics Research Program, Cornell Lab of Ornithology. Ithaca, NY.
- DANIEL, J. C. & BLUMSTEIN, D. T. 1998. A test of the acoustic adaptation hypothesis in four species of marmots. *Animal Behaviour*, 56:1517-1528.
- DUNNING, J. B. 2008. *CRC handbook of avian body masses*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press. 655pp.
- ENDLER, J. A. & BASOLO, A. L. 1998. Sensory ecology, receiver biases and sexual selection. *Trends in Ecology and Evolution*, 13:415-420.
- ENDLER, J. A. 1992. Signals, signal conditions, and the direction of evolution. *American Naturalist*, 139:S125-S153.
- ERICSON, P. G. P.; ZUCCON, D.; OHLSON, J. I.; JOHANSSON, U. S.; ALVARENGA, H. & PRUM, R. O. 2006. Higher level phylogeny and morphological evolution of tyrant flycatchers, cotingas, manakins and their allies (Aves: Tyrannida). *Molecular Phylogenetics & Evolution*, 40:471-483.
- EY, E. & FISCHER, J. 2009. The “acoustic adaptation hypothesis” - a review of the evidence from birds, anurans & mammals. *Bioacoustics*, 19(1-2):21-48.

- FELSENSTEIN, J. 1985. Phylogenies and the comparative method. *American Naturalist*, 125:1-15.
- FORREST, T. G. 1994. From sender to receiver: propagation and environmental effects on acoustic signals. *American Zoologist*, 34:644-654.
- GARCÍA L. V. 2004. Escaping the Bonferroni iron claw in ecological studies. *Oikos*, 105(3): 657-663.
- GARLAND, T.; HARVEY, P. H. & IVES, A. R. 1992. Procedures for the analysis of comparative data using phylogenetically independent contrasts. *Systematic Biology*, 41:18-32.
- GARLAND, T.; MIDFORD, P. E. & IVES, A. R. 1999. An introduction to phylogenetically based statistical methods, with a new method for confidence intervals on ancestral states. *American Zoologist*, 39:374-388.
- GARLAND, T. & IVES, A. R.. 2000. Using the past to predict the present: Confidence intervals for regression equations in phylogenetic comparative methods. *American Naturalist*, 155:346-364.
- GILL, F. B. 2007. *Ornithology*. 3d Edition. Freeman & Co. New York. 758 pp.
- GRAFEN, A. 1989. The phylogenetic regression. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 326:119-157.
- HACKETT, S. J.; KIMBALL, R. T.; REDDY, S.; BOWIE, R. C. K.; BRAUN, E. L.; BRAUN, M. J.; CHOJNOWSKI, J. L.; COX, W. A.; HAN, K-L.; HARSHMAN, J.; HUDDLESTON, C. J.; MARKS, B. D.; MIGLIA, K. J.; MOORE, W. S.; SHELDON, F. H.; STEADMAN, D. W.; WITT, C. C. & YURI, T. 2008. A phylogenetic study of birds reveals their evolutionary history. *Science*, 320:1763-1767.
- HANSEN, P. 1979. Vocal learning: its role in adapting sound structures to long-distance propagation and a hypothesis on its evolution. *Animal Behaviour*, 27:1270-1271.

- HUBER S. K. & PODOS J. 2006. Beak morphology & song features covary in a population of Darwin's finches (*Geospiza fortis*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 88: 489-498.
- HYLTON, R. & GODARD, R. D. 2001. Song Properties of Indigo Buntings in Open and Forested Habitats. *Wilson Bulletin*, 113(2): 243-245.
- IRESTEDT, M.; FJELDSÅ, J.; DALÉN, L. & ERICSON, P. G. P. 2009. Convergent evolution, habitat shifts and variable diversification rates in the ovenbird-woodcreeper family (Furnariidae). *BMC Evolutionary Biology*, 9:268.
- JOHNSON, K. P. & D. H. CLAYTON. 2000. Nuclear and mitochondrial genes contain similar phylogenetic signal for pigeons & doves (Aves: Columbiformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 14:141-151.
- KIRSCHER, A. N. G.; BLUMSTEIN, D. T.; COHEN, R. E.; BUERMANN, W.; SMITH, T. B. & SLABBEKOORN, H. 2009. Birdsong tuned to the environment: green hylia song varies with elevation, tree cover, & noise. *Behavioral Ecology*, 20(5):1089-1095.
- KLICKA, J.; BURNS, K.; SPELLMAN, G. M. 2007. Defining a monophyletic Cardinalini: a molecular perspective. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 45:1014-1032.
- LAILOLO, P. & ROLANDO, A. 2003. The evolution of vocalisations in the genus *Corvus*: effects of phylogeny, morphology and habitat. *Evolutionary Ecology*, 17:111-123.
- LEMON, R. E.; STRUGER, J.; LECHOWICZ, M. J. & NORMAN, R. F. 1981. Song features and singing heights of American warblers: maximization or optimization of distance? *Journal of the Acoustic Society of America*, 69:1169-76.
- LIJTMAR, D. A.; SHARPE, N. M. M.; TUBARO, P. L. & LOUGHEED, S. C. 2004. Molecular phylogenetics and diversification of the genus *Sporophila* (Aves: Passeriformes). *Molecular Phylogenetics & Evolution*, 33:562-579.

- LUTHER, D. 2009. The influence of the acoustic community on songs of birds in a neotropical rain forest. *Behavioral Ecology*, 20:864-871.
- MADDISON W. P. 2000. Testing character correlation using pairwise comparisons on a phylogeny. *Journal of Theoretical Biology*, 202:195-204.
- MADDISON, W. P. & MADDISON, D. R.. 2001. *Mesquite: a modular system for evolutionary analysis*. v. 0. 98.
- MAGALHÃES, V. S.; AZEVEDO, J. S. M.; LYRA-NEVES, R. M., TELINO-JÚNIOR W. R.; SOUZA, D. P. 2007. Biologia de aves capturadas em um fragmento de Mata Atlântica, Igarassu, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(4): 950-964.
- MANN, N. I. ; BARKER, F. K.; GRAVES, J. A.; DINGESS-MANN, K. A. & SLATER, P. J. B. 2006. Molecular data delineate four genera of *Thryothorus* wrens. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 40:750–759.
- MARINI, M. A. & GARCIA, F. I. 2005. Conservação de aves no Brasil. *Megadiversidade*, 1:95-102.
- MARLER, P. 2004. Bird calls: A cornucopia for communication. In: *Nature's Music: The Science of Birdsong*, MARLER, P. & SLABBEKOORN, H. (eds.). Elsevier Academic Press, San Diego, CA, pp. 132-177.
- MATHEVON, N; AUBIN, T; VIELLIARD, J.; DA SILVA, M. L.; SEBE, F.; BOSCOLO, D. 2008. Singing in the rain forest: how a tropical bird song transfers information. *PLoS ONE*. 3(2):e1580.
- MCGUIRE, J. A.; WITT, C. C.; REMSEN, J. V.; DUDLEY, R. & ALTSHULER, D. L. 2009. A higher-level taxonomy for hummingbirds. *Journal of Ornithology*, 150: 155-165.
- MINDLIN, G. B. & LAJE, R. 2005. *The Physics of Birdsong*. Berlin: Springer-Verlag, 157 pp.

- MORTON, E. S. 1975. Ecological sources of selection on avian sounds. *American Naturalist*, 109:17–34.
- MOYLE, R. G.; CHESSER, R. T.; BRUMFIELD, R. T.; TELLO, J. G.; MARCHESE, D. J. & CRACRAFT, J. 2009. Phylogeny and phylogenetic classification of the antbirds, ovenbirds, woodcreepers, and allies (Aves:Passeriformes:infraorder Furnariides. *Cladistics*, 25:386-405.
- NAGUIB, M. & WILEY, R. H. 2001. Estimating the distance to a source of sound: mechanisms and adaptations for long-range communication. *Animal Behaviour*, 62:825-837.
- NAKA, L. N. ; STOUFFER, P. C.; COHN-HAFT, M.; MARANTZ, C. A. ; WHITTAKER, A.; BIERREGAARD, R. O. 2008. *Vozes da Amazônia Brasileira, Vol. 1. Aves das Florestas de Terra Firme ao Norte De Manaus: Área de Endemismo das Guianas*. 4 Cd-Áudio + Encarte 40pp. Editora Inpa. Manaus, Brasil.
- NEMETH, E.; DABELSTEEN, T.; PEDERSEN, S. B. & WINKLER, H. 2006. Rainforests as concert halls for birds: Are reverberations improving sound transmission of long song elements? *Journal of the Acoustic Society of America*, 119: 620-626.
- NICHOLLS, J. A.; GOLDIZEN, A. W. 2006. Habitat type and density influence vocal signal design in satin bowerbirds. *Journal of Animal Ecology*, 75(2):549-558.
- OHLSON, J. I.; R. O. PRUM, & P. G. P. ERICSON. 2007. A molecular phylogeny of the cotingas (Aves : Cotingidae). *Molecular Phylogenetic & Evolution*, 42(1):25-37.
- OHLSON, J.; FJELDSÅ, J. & ERICSON, P. G. P. 2008. Tyrant flycatchers coming out in the open: Phylogeny & ecological radiation of Tyrannidae (Aves, Passeriformes). *Zoologica Scripta*, 37:315-335.
- PATRICELLI, G. L. & BLICKLEY, J. L. 2006. Avian communication in urban noise: causes and consequences of vocal adjustment. *Auk*, 123:639-649.

- PHELPS, S. M. 2007. Sensory ecology and perceptual allocation: new prospects for neural networks. *Philosophical Transactions of the Royal Society (B)*, 362:355-367.
- PODOS, J. 1996. Motor constraints on vocal development in a songbird. *Animal Behaviour*, 51:1061-70.
- PODOS, J. 1997. A performance constraint on the evolution of trilled vocalizations in a songbird family (Passeriformes:Emberizidae). *Evolution*, 5:537-51.
- PODOS, J. & WARREN, P. S. 2007. The evolution of geographic variation in birdsong. *Advances in the Study of Behavior*, 37:403-458.
- PRUM, R. O. 1992. Syringeal morphology, phylogeny, and evolution of the Neotropical manakins (Aves: Pipridae). *American Museum of Natural History Novitates*, 3043:1-65.
- PRUM, R. O.; RICE, N. H.; MOBLEY, J. A. & DIMMICK, W. W. 2000. A preliminary phylogenetic hypothesis for the cotingas (Cotingidae) based on mitochondrial DNA. *Auk*, 117: 236-241.
- RÊGO, P. S.; ARARIPE, J.; MARCELLIANO, M. L. V.; SAMPAIO, I. & SCHNEIDER, H. 2007. Phylogenetic analyses of the genera Pipra, Lepidothrix & Dixiphia (Pipridae, Passeriformes) using partial cytochrome b & 16S mtDNA genes. *Zoologica Scripta*, 36:565-575.
- RHEINDT, F. E.; NORMAN, J. A. & CHRISTIDIS, L. 2008. Phylogenetic relationships of tyrant-flycatchers (Aves: Tyrannidae), with an emphasis on the elaeniine assemblage. *Molecular Phylogenetics & Evolution*, 46(1):88-101.
- RISING, J. D. & SOMERS, K. M. 1989. The measurement of overall body size in birds. *Auk*, 106:666-674.
- ROTHSTEIN, S. I. & FLEISCHER, R. C. 1987. Vocal dialects and their possible relation to honest status signalling in the brown-headed cowbird. *Condor*, 89:1-23.

- ROUSSEEUW, P. J. & HUBERT, M. 1997. Recent developments in PROGRESS. In: *LI-Statistical Procedures and Related Topics*, Y. Dodge (ed.) The IMS Lecture Notes - Monograph Series, 31, pp. 201-214.
- RUEGG, K. C.; SLABBEKOORN, H.; CLEGG, S. & SMITH, T. B. 2006. Divergence in mating signals correlates with ecological variation in the migratory songbird Swainson's thrush (*Catharus ustulatus*). *Molecular Ecology*, 15: 3147–3156.
- RUNDLE, H. D.; CHENOWETH, S. F.; DOUGHTY, P. & BLOWS, M. W. 2005. Divergent selection and the evolution of signal traits & mating preferences. *PLoS Biol.* 3:1988-1995.
- RUSSELLO, M. A. & AMATO, G. 2004. A molecular phylogeny of Amazona: implications for Neotropical parrot biogeography, taxonomy & conservation. *Molecular Phylogenetics & Evolution*, 30:421-437.
- RYAN, M. J. & RAND, A. S. 1999. Phylogenetic inference and the evolution of communication in túngara frogs. pp. 535-557. In: Hauser, M. ; Konishi, M. editors, *The Design of Animal Communication*. MIT Press, Cambridge, MA.
- RYAN, M. J. & BRENOWITZ, E. A. 1985. The role of body size, phylogeny, and ambient noise in the evolution of bird song. *American Naturalist*, 126:87-100.
- SAUNDERS J. & SLOTOW, R. 2004. The evolution of song structure in southern African birds: an assessment of the acoustic adaptation hypothesis. *Ostrich*, 75: 147-155.
- SCOTT, G. 2005. *Essential Animal Behavior*, Blackwell, Malden. 216 pp.
- SEDDON, N. 2005. Ecological adaptation and species recognition drives vocal evolution in neotropical suboscine birds. *Evolution*, 59:200-215.
- SIGRIST, T. 2009. *Guia de Campo Avis Brasilis - Avifauna Brasileira: Guia de Campo*. São Paulo-SP. 492pp.

- SILVA, J. M. C. & SANTOS, M. P. D. 2005. A importância relativa dos processos biogeográficos na formação da avifauna do Cerrado e de outros biomas brasileiros. *In: SCARIOT, A; FILHO, J. C. S. & FELFILI, J. M. (Org.). Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação. 1 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v. único, p. 224-233.*
- SLABBEKOORN, H. & DEN BOER-VISSER, A. 2006. Cities change the songs of birds. *Current Biology*, 16: 2326–2331.
- SLABBEKOORN, H.; ELLERS, J. & SMITH, T. B. 2002. Birdsong and sound transmission: The benefits of reverberations, *Condor*, 104, 564–573.
- SLABBEKOORN, H. 2004. Singing in the wild: The ecology of birdsong. *In Nature's Music: The Science of Birdsong*. P. Marler & H. Slabbekoorn, eds. San Diego: Academic Press/Elsevier, pp. 178–205.
- SLABBEKOORN, H. & PEET, M. 2003. Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature*, 424:267.
- SUMMERS, K.; MCKEON, C. S.; HEYING, H.; HALL, J. & PATRICK, W. 2007. Social and environmental influences on egg size evolution in frogs. *Journal of Zoology*, 271: 225-232.
- SYSTAT 12. 2007. *Systat Corporation*. A subsidiary of Cranes Software International Ltd.
- TEN CATE, C. 2004. Birdsong and Evolution. *In: Nature's Music. The science of birdsong* P. Marler & H. Slabbekoorn, eds. San Diego: Academic Press/Elsevier, pp. 296-317.
- WARD, S. & SLATER, P. J. B. 2005. Raised thermoregulatory costs at exposed song posts increase the energetic cost of singing for willow warblers, *Phylloscopus trochilus*. *Journal of Avian Biology*, 36:280-286.
- WILCZYNSKI, W.; RYAN, M. J.; & RAND, A. S. 2001. Evolution of calls and auditory tuning in the *Physalaemus* species group. *Brain, Behavior and Evolution*, 58:137-151.

- WILEY, R. H. 2009. Signal Transmission in Natural Environments. *Encyclopedia of Neuroscience*, 8, pp. 827-832.
- WILEY, R. H. & RICHARDS, D. G. 1982. Adaptations for acoustic communication in birds: sound transmission and signal detection. In: *Acoustic Communication in Birds*. (ed.D.E.Kroodsma & E.H. Miller), pp.131-181.NewYork: Academic Press.
- WILLIS, E. O. & ONIKI, Y.; 2002. Birds of Santa Teresa, Espírito Santo, Brazil: do humans add or subtract species ? *Papéis Avulsos de Zoologia*, 42(9):193-264.
- WRIGHT, T.F.; SCHIRTZINGER, E. E.; MATSUMOTO, T.; EBERHARD, J. R.; GRAVES G. R.; SANCHEZ, J. J.; CAPELLI, S.; MULLER, H.; SCHARPEGGE, J.; CHAMBERS G.K. & FLEISCHER, R. C. 2008. A multilocus molecular phylogeny of the parrots (Psittaciformes): support for a Gondwanan origin during the Cretaceous. *Molecular Biology & Evolution*, 25(10):2141-2156
- YURI, T. & D. P. MINDELL. 2002. Molecular phylogenetic analysis of Fringillidae, "New World nine-primaried oscines". (Aves: Passeriformes). *Molecular Phylogeny and Evolution*, 23:229-243

ANEXO – Lista de espécies que compõem o banco de dados.

N	Táxon	Localidade de gravação	Autor	Habitat
1	<i>Tinamus major</i>	Manaus, AM	PCS & CAM	aberto
2	<i>Crypturellus variegatus</i>	Manaus, AM	ROBJ	florestal
3	<i>Crypturellus parvirostris</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
4	<i>Rhynchotus rufescens</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
5	<i>Taoniscus nanus</i>	Catalão, GO	NA	aberto
6	<i>Odontophorus gujanensis</i>	Manaus, AM	MCH	florestal
7	<i>Psophia crepitans</i>	Manaus, AM	AW	florestal
8	<i>Aramides saracura</i>	Manhuaçu, MG	RFJ	florestal
9	<i>Laterallus viridis</i>	PN Viruá, RR; Presidente Figueiredo, AM	LNN & AW	aberto
12	<i>Cariama cristata</i>	Tapira, MG	RSS	aberto
10	<i>Syrigma sibilatrix</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
11	<i>Theristicus caudatus</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
13	<i>Vanellus chilensis</i>	Aracruz, ES	WN	aberto
14	<i>Harpyhaliaetus coronatus</i>	Patrocínio, MG	NA	aberto
15	<i>Leucopternis albicollis</i>	Manaus, AM	LNN	florestal
16	<i>Morphnus gujanensis</i>	Manaus, AM	CBA	florestal
17	<i>Micrastur mirandollei</i>	Manaus, AM; Oiapoque, AP	AW & PCS	florestal

Anexo - continuação

N	Táxon	Localidade	Autor	Habitat
18	<i>Micrastur semitorquatus</i>	Manaus, AM; FN Tapajós, PA	AW & CAM	florestal
19	<i>Strix virgata</i>	Manaus, AM	TVVC	florestal
20	<i>Nyctibius aethereus</i>	Manaus, AM	MCH	florestal
21	<i>Caprimulgus sericocaudatus</i>	Serra dos Carajás, PA	SMD	florestal
22	<i>Claravis pretiosa</i>	Galheiros, MG	AGF	florestal
23	<i>Columbina passerina</i>	PN da Amazônia, PA	LNN	aberto
24	<i>Columbina squammata</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
25	<i>Columbina talpacoti</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
26	<i>Patagioneas picazuro</i>	Aracruz, ES	WN	aberto
27	<i>Patagioneas plumbea</i>	Manaus, AM	CAM	florestal
28	<i>Leptotila verreauxi</i>	Contão, RR; Santana do Ituí, PA	LNN	florestal
29	<i>Piaya cayana</i>	Manaus, AM	AW	aberto
30	<i>Crotophaga ani</i>	Manaus, AM	PCS	aberto
31	<i>Aratinga aurea</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
32	<i>Aratinga cactorum</i>	Três Marias, MG	RFJ	aberto
33	<i>Pyrrhura cruentata</i>	Linhares, MG	RFJ	florestal
34	<i>Touit purpuratus</i>	FN Caxiuanã, PA	CAM	florestal
35	<i>Alipiopsitta xanthops</i>	Tapira, MG	RSS	aberto

Anexo - continuação

N	Táxon	Localidade	Autor	Habitat
36	<i>Amazona autumnalis</i>	Manaus, AM	CAM	florestal
37	<i>Amazona ochrocephala</i>	Portel, PA	SMD	aberto
38	<i>Deropterus accipitrinus</i>	Manaus, AM	PCS	florestal
39	<i>Diopsittaca nobilis</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
40	<i>Tachornis squamata</i>	Presidente Figueiredo, AM	LNN	aberto
41	<i>Topaza pella</i>	Presidente Figueiredo, AM	CAM	florestal
42	<i>Thalurania furcata</i>	Manaus, AM	PCS & LNN	florestal
43	<i>Hylocharis sapphirina</i>	Santa Isabel do Rio Negro, AM	LNN	florestal
44	<i>Polytmus theresiae</i>	PN Viruá, RR	LNN	aberto
45	<i>Augastes lumachella</i>	Lençóis, BA	CA	aberto
46	<i>Augastes scutatus</i>	Serra do Cipó, MG	NA	aberto
47	<i>Trogon melanurus</i>	Manaus, AM	TVVC & LNN	florestal
48	<i>Trogon rufus</i>	São Gabriel da Cachoeira, AM	LNN	florestal
49	<i>Trogon viridis</i>	Manaus, AM	LNN	florestal
50	<i>Galbula dea</i>	Manaus, AM	LNN	florestal
51	<i>Galbula ruficauda</i>	Uberlândia, MG	RFJ	florestal
52	<i>Ramphastos dicolorus</i>	Tapira, MG	RSS	florestal
53	<i>Picumnus exilis</i>	Manaus, AM	MCH	florestal

Anexo - continuação

N	Táxon	Localidade	Autor	Habitat
54	<i>Melanerpes candidus</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
55	<i>Colaptes campestris</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
56	<i>Dendrocincla merula</i>	Manaus, AM	MCH	florestal
57	<i>Melanopareia torquata</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
58	<i>Sclerurus mexicanus</i>	Manaus, AM	PCS	florestal
59	<i>Furnarius rufus</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
60	<i>Synallaxis albescens</i>	Monte Alegre, PA	SMD	aberto
61	<i>Synallaxis rutilans</i>	Rio Apuaú, AM	MCH	florestal
62	<i>Anumbius annumbi</i>	Catalão, GO	RSS	aberto
63	<i>Automolus rubiginosus</i>	Manaus, AM	LNN	florestal
64	<i>Thamnophilus torquatus</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
65	<i>Thamnophilus ambiguus</i>	Aracruz, ES	WN	florestal
66	<i>Thamnomanes ardesiacus</i>	Manaus, AM	LNN	florestal
67	<i>Myrmotherula brachyura</i>	Manaus, AM	CAM	florestal
68	<i>Myrmotherula longipennis</i>	São Gabriel da Cachoeira, AM	LNN	florestal
69	<i>Formicivora rufa</i>	Bonito, PE	SMD	aberto
70	<i>Pyriglena leucoptera</i>	Uberlândia, MG	RFJ	florestal
71	<i>Cercomacra tyrannina</i>	PN Viruá, RR	LNN	florestal

Anexo - continuação

N	Táxon	Localidade	Autor	Habitat
72	<i>Myrmornis torquata</i>	Manaus, AM	PCS	florestal
73	<i>Willisornis [=Hylophylax] poecilinotus</i>	Manaus, AM	MCH	florestal
74	<i>Todirostrum cinereum</i>	Aracruz, ES	WN	aberto
75	<i>Elaenia chiriquensis</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
76	<i>Elaenia obscura</i>	Ouro Preto, MG	WN	florestal
77	<i>Camptostoma obsoletum</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
78	<i>Ornithion inerme</i>	Manaus, AM	PCS	florestal
79	<i>Zimmerius gracilipes</i>	Rio Apuaú, AM	MCH	aberto
80	<i>Tolmomyias flaviventris</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
81	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	Uberlândia, MG	RFJ	florestal
82	<i>Terentriacus erythrurus</i>	FN Carajás, PA; S Gabriel da Cachoeira, AM	LNN	florestal
83	<i>Cnemotriccus fuscatus</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
84	<i>Fluvicola nengeta</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
85	<i>Empidonomus varius</i>	FN Tapajós, PA	CAM	aberto
86	<i>Megarrhynchus pitangua</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
87	<i>Tyrannus albogularis</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
88	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
89	<i>Tyrannus savana</i>	Boa Vista, RR	LNN	aberto

Anexo - continuação

N	Táxon	Localidade	Autor	Habitat
90	<i>Attila cinnamomeus</i>	Igarapé-Açú, AM	LNN	florestal
91	<i>Phoenicircus carnifex</i>	Manaus, AM	PCS	florestal
92	<i>Cotinga cayana</i>	Manaus, AM	AW	florestal
93	<i>Perissocephalus tricolor</i>	Manaus, AM	PCS	florestal
94	<i>Xipholena punicea</i>	Manaus, AM	AW	florestal
95	<i>Tyranneutes virescens</i>	Manaus, AM	LNN	florestal
96	<i>Antilophia galleata</i>	Uberlândia, MG	RFJ	florestal
97	<i>Laniocera hypopyrra</i>	Manaus, AM; Estação Ecológica Maracá, RR	LNN & PCS	florestal
98	<i>Tityra cayana</i>	Manaus, AM	PCS	florestal
99	<i>Vireo olivaceus</i>	Uberlândia, MG	RFJ	florestal
100	<i>Vireolanius leucotis</i>	Manaus, AM	CAM	florestal
101	<i>Hylophilus thoracicus</i>	PN Viruá, RR	LNN	florestal
102	<i>Cyanocorax cristatellus</i>	Serra do Cipó, MG	NA	aberto
103	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Rio Cristalino, MT	CAM	aberto
104	<i>Progne chalybea</i>	Aracruz, ES	WN	aberto
105	<i>Cistothorus platensis</i>	Tapira, MG	RSS	aberto
106	<i>Troglodytes musculus</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
107	<i>Canthorchilus [=Thryothorus] leucotis</i>	Uberlândia, MG	RFJ	florestal

Anexo - continuação

N	Táxon	Localidade	Autor	Habitat
108	<i>Pheugopedius [=Thryothorus] coraya</i>	Manaus, AM; PN Viruá, RR	CAM, LNN & PCS	florestal
109	<i>Pheugopedius genibarbis</i>	Aracruz, ES	RFJ	florestal
110	<i>Polioptila dumicola</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
111	<i>Turdus albicollis</i>	Manhuaçu, MG	RFJ	florestal
112	<i>Turdus leucomelas</i>	Três Marias, MG	RFJ	aberto
113	<i>Anthus hellmayri</i>	Araxá, MG	RSS	aberto
114	<i>Anthus nattereri</i>	Tapira, MG	RSS	aberto
115	<i>Mimus gilvus</i>	São Mateus, ES	RFJ	aberto
116	<i>Mimus saturninus</i>	Araruama, RJ	NA	aberto
117	<i>Lamprospiza melanoleuca</i>	Manaus, AM	LNN	aberto
118	<i>Lanio fulvus</i>	Manaus, AM	CAM & PCS	florestal
119	<i>Tachyphonus cristatus</i>	Manaus, AM	LNN	florestal
120	<i>Cyanicterus cyanicterus</i>	FN Caxiuanã, Pa	CAM	florestal
121	<i>Tangara brasiliensis</i>	Aracruz, ES	WN	florestal
122	<i>Tersina viridis</i>	Araguari, MG	RFJ	aberto
123	<i>Conirostrum speciosum</i>	Aracruz, ES	WN	florestal
124	<i>Ammodramus aurifrons</i>	Rio Branco, RR	LNN	aberto
125	<i>Ammodramus humeralis</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto

Anexo - continuação

N	Táxon	Localidade	Autor	Habitat
126	<i>Zonothrichia capensis</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
127	<i>Sicalis citrina</i>	Tapira, MG	RSS	aberto
128	<i>Volatinia jacarina</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
129	<i>Sporophila caerulescens</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
130	<i>Sporophila nigricolis</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
131	<i>Sporophila castaneiventris</i>	Manaus, AM	MCH	aberto
132	<i>Sporophila angolensis</i>	Manaus, AM	PCS & LNN	aberto
133	<i>Paroaria dominicana</i>	Icapuí, CE	CA	florestal
134	<i>Saltator maximus</i>	São João da Baliza, RR	LNN	florestal
135	<i>Saltatricula atricollis</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
136	<i>Phaeothlypis rivularis</i>	Manaus, AM	LNN	florestal
137	<i>Basileuterus flaveolus</i>	Uberlândia, MG	RFJ	florestal
138	<i>Basileuterus hypoleucus</i>	Uberlândia, MG	RFJ	florestal
139	<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	Uberlândia, MG	RFJ	aberto
140	<i>Gnorimopsar chopi</i>	Três Marias, MG	RFJ	aberto
141	<i>Sturnella militaris</i>	Presidente Figueiredo, AM	CAM	aberto
142	<i>Euphonia chrysopasta</i>	Manaus, AM	PCS	florestal

Índice de autores das gravações

AW - Andrew Whittaker

CAM - Curtis A. Marantz

CBA – C. B. Andretti

CA – Ciro Albano

LNN - Luciano Nicolás Naka

MCH - Mario Cohn-Haft

NA - Nick Athanas

PCS - Philip C. Stouffer

RFJ – Rafael de Freitas Juliano

ROBJ - Richard O. Bierregaard, Jr.

RSS - Robson Silva e Silva

SMD – Sidnei Melo Dantas

TVVC - Thiago V. V. Costa

WN – Wagner Nogueira

Apêndice – Tabelas estatísticas gerais

Tabela 1 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência mínima dos cantos e massa corporal corrigidos pela filogenia de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	137	- 0,02	0,07	33,38	0,00	0,00
Não-Passeriformes	52	- 0,07	0,29	25,08	0,00	0,00
Passeriformes	83	0,00	0,00	7,43	0,01	0,03
Suboscines	42	0,00	0,00	2,75	0,11	0,84
Oscines	42	0,00	0,00	6,25	0,02	0,03

Tabela 2 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes frequência máxima dos cantos e massa corporal de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	137	- 0,02	0,03	4,08	0,05	0,07
Não-Passeriformes	51	0,00	0,00	0,11	0,74	1,00
Passeriformes	85	- 0,04	0,12	3,08	0,08	0,11
Suboscines	41	- 0,04	0,16	2,15	0,15	0,40
Oscines	43	- 0,03	0,06	0,95	0,34	0,45

Tabela 3 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da amplitude de frequência dos cantos e massa corporal de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	140	0,02	0,02	0,70	0,40	0,46
Não-Passeriformes	53	0,05	0,11	0,04	0,85	0,85
Passeriformes	83	- 0,02	0,02	6,14	0,02	0,04
Suboscines	40	- 0,01	0,02	2,43	0,13	0,51
Oscines	42	- 0,04	0,05	4,02	0,05	0,08

Apêndice – Tabelas estatísticas gerais (continuação)

Tabela 4 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência dominante dos cantos e massa corporal de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	137	- 0,04	0,16	53,15	0,00	0,00
Não-Passeriformes	51	- 0,04	0,44	34,59	0,00	0,00
Passeriformes	82	- 0,01	0,09	9,81	0,00	0,02
Suboscines	40	- 0,01	0,01	1,54	0,22	0,25
Oscines	41	- 0,02	0,25	9,95	0,00	0,01

Tabela 5 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da duração média do canto e massa corporal de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	138,00	- 0,017	0,00	0,72	0,40	0,40
Não-Passeriformes	54,00	- 0,02	0,04	0,23	0,63	0,63
Passeriformes	84,00	0,06	0,04	1,67	0,20	0,20
Suboscines	42,00	0,10	0,08	1,72	0,20	0,20
Oscines	43,00	- 0,06	0,10	0,35	0,56	0,56

Tabela 6 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência mínima dos cantos e habitat de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR ^{res}	137	0,01	0,01	1,96	0,16	0,32
Não-Passeriformes ^{res}	52	- 0,02	0,03	0,68	0,42	0,55
Passeriformes ^{res}	81	0,03	0,06	3,88	0,05	0,42
Suboscines	42	- 0,03	0,11	0,27	0,61	0,81
Oscines ^{res}	42	0,00	0,00	1,35	0,25	0,97

res=resíduos da massa e caractere

Apêndice – Tabelas estatísticas gerais (continuação)

Tabela 7 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes frequência máxima dos cantos e habitat de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	136	- 0,03	0,08	4,61	0,03	0,12
Não-Passeriformes	51	- 0,03	0,08	5,50	0,02	0,18
Passeriformes	85	- 0,04	0,10	1,15	0,29	0,77
Suboscines	41	- 0,08	0,15	0,75	0,39	1,00
Oscines	43	- 0,03	0,07	0,30	0,58	0,78

res=resíduos da massa e caractere

Tabela 8 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da amplitude de frequência dos cantos e habitat de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	140	- 0,06	0,09	4,84	0,03	0,24
Não-Passeriformes	53	- 0,11	0,07	4,61	0,04	0,10
Passeriformes ^{res}	86	- 0,05	0,01	0,06	0,81	0,81
Suboscines	39	- 0,05	0,11	2,43	0,13	1,00
Oscines	43	- 0,05	0,11	0,57	0,46	0,51

res=resíduos da massa e caractere

Tabela 9 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência dominante dos cantos e habitat de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR ^{res}	137	0,01	0,02	0,52	0,47	0,54
Não-Passeriformes ^{res}	51	0,01	0,02	0,03	0,87	0,87
Passeriformes ^{res}	82	0,00	0,00	0,87	0,35	0,71
Suboscines	40	- 0,03	0,13	1,52	0,22	0,90
Oscines ^{res}	41	- 0,01	0,01	0,29	0,59	0,60

res=resíduos da massa e caractere

Apêndice – Tabelas estatísticas gerais (continuação)

Tabela 10 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da duração do canto e habitat de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p
Aves-BR	138	- 0,01	0,00	0,07	0,79
Não-Passeriformes	54	- 0,02	0,02	0,02	0,90
Passeriformes	85	0,00	0,00	0,52	0,47
Suboscines	42	0,14	0,05	0,73	0,40
Oscines	43	- 0,02	0,02	0,01	0,94

res=resíduos da massa e caractere

Tabela 11 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da duração dos elementos da vocalização e massa corporal de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	137	0,00	0,00	10,48	0,00	0,01
Não-Passeriformes	49	- 0,01	0,04	0,00	1,00	0,99
Passeriformes	84	0,02	0,06	3,00	0,09	0,17
Suboscines	40	0,02	0,03	0,07	0,79	1,00
Oscines	41	0,05	0,20	9,45	0,00	0,01

Tabela 12 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes do número de elementos por canto da vocalização e massa corporal de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	139	0,00	0,00	2,07	0,15	0,15
Não-Passeriformes	53	0,01	0,01	0,19	0,67	0,89
Passeriformes	85	- 0,01	0,01	2,83	0,10	0,13
Suboscines	41	- 0,03	0,03	0,06	0,80	0,80
Oscines	43	0,04	0,03	5,52	0,02	0,03

Apêndice – Tabelas estatísticas gerais (continuação)

Tabela 13 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes do número de elementos por segundo da vocalização e massa corporal de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	135	- 0,02	0,01	9,60	0,00	0,00
Não-Passeriformes	51	0,01	0,02	3,33	0,07	0,15
Passeriformes	83	- 0,03	0,07	7,49	0,01	0,03
Suboscines	40	0,01	0,01	5,76	0,02	0,08
Oscines	41	- 0,05	0,14	9,89	0,00	0,01

Tabela 14 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes do intervalo inter-elemento e massa corporal de aves brasileiras corrigidos pela filogenia.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	141	0,09	0,07	6,79	0,01	0,01
Não-Passeriformes	53	0,10	0,23	10,21	0,00	0,01
Passeriformes	86	0,03	0,01	2,06	0,16	0,16
Suboscines	42	- 0,07	0,05	1,83	0,18	0,37
Oscines	43	0,08	0,08	0,39	0,54	0,54

Tabela 15 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência mínima dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	138	- 0,07	0,11	46,75	0,00	0,00
Não-Passeriformes	52	- 0,08	0,29	27,91	0,00	0,00
Passeriformes	82	- 0,02	0,04	4,86	0,03	0,06
Suboscines	42	0,01	0,01	0,63	0,43	0,43
Oscines	42	- 0,03	0,18	23,72	0,00	0,00

Apêndice – Tabelas estatísticas gerais (continuação)

Tabela 16 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência máxima dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	137	- 0,02	0,01	3,49	0,06	0,09
Não-Passeriformes	50	0,02	0,05	0,11	0,74	0,99
Passeriformes	85	- 0,02	0,04	2,11	0,15	0,17
Suboscines	41	- 0,04	0,07	1,74	0,19	0,31
Oscines	43	- 0,03	0,06	0,53	0,47	0,54

Tabela 17 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da amplitude de frequência dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	139	0,03	0,03	0,03	0,87	0,87
Não-Passeriformes	53	0,04	0,13	0,09	0,77	0,88
Passeriformes	86	- 0,01	0,01	0,68	0,41	0,41
Suboscines	42	0,01	0,01	1,60	0,21	0,28
Oscines	43	- 0,02	0,04	0,05	0,82	0,82

Tabela 18 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência dominante dos elementos e massa corporal de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	137	- 0,03	0,17	42,93	0,00	0,00
Não-Passeriformes	52	- 0,04	0,40	40,19	0,00	0,00
Passeriformes	83	- 0,02	0,10	4,51	0,04	0,06
Suboscines	41	- 0,01	0,02	1,90	0,18	0,35
Oscines	42	- 0,02	0,25	9,33	0,00	0,01

Apêndice – Tabelas estatísticas gerais (continuação)

Tabela 19 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência mínima dos elementos e habitat de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR ^{res}	138	0,02	0,04	1,23	0,27	0,43
Não-Passeriformes ^{res}	52	- 0,03	0,04	0,96	0,33	0,53
Passeriformes ^{res}	81	0,03	0,11	2,64	0,11	0,43
Suboscines	42	- 0,03	0,05	0,01	0,92	0,92
Oscines ^{res}	42	- 0,01	0,02	2,50	0,12	0,98

res=resíduos da massa e caractere

Tabela 20 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência máxima dos elementos e de aves brasileiras habitat.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR ^{res}	137	- 0,04	0,08	1,10	0,30	0,40
Não-Passeriformes	51	- 0,05	0,14	4,78	0,03	0,13
Passeriformes	85	- 0,03	0,05	0,17	0,68	0,78
Suboscines	41	- 0,04	0,16	0,14	0,71	0,81
Oscines	43	- 0,01	0,00	0,03	0,86	1,00

Tabela 21 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da amplitude de frequência dos elementos e habitat de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	139	-0,08	0,04	2,73	0,10	0,27
Não-Passeriformes	54	- 0,10	0,14	2,32	0,13	0,27
Passeriformes	86	- 0,02	0,02	0,32	0,57	0,91
Suboscines	41	- 0,06	0,12	0,61	0,44	0,88
Oscines	43	0,03	0,04	0,00	1,00	1,00

Apêndice – Tabelas estatísticas gerais (continuação)

Tabela 22 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da frequência dominante dos elementos e habitat de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR ^{res}	137	0,00	0,00	0,31	0,58	0,58
Não-Passeriformes ^{res}	52	0,01	0,01	0,09	0,77	0,87
Passeriformes ^{res}	83	0,00	0,00	0,27	0,60	0,81
Suboscines	41	- 0,03	0,07	0,32	0,57	0,92
Oscines ^{res}	42	- 0,01	0,04	0,01	0,91	1,00

res=resíduos da massa e caractere

Tabela 23 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes da duração média dos elementos e habitat de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR ^{res}	137	0,01	0,00	0,14	0,71	0,58
Não-Passeriformes	53	- 0,02	0,02	0,52	0,47	0,47
Passeriformes	84	0,04	0,03	7,79	0,01	0,03
Suboscines	40	0,04	0,09	6,67	0,01	0,06
Oscines ^{res}	41	- 0,01	0,01	1,22	0,28	1,00

res=resíduos da massa e caractere

Tabela 24 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes do número de elementos por canto e habitat de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR	139	- 0,03	0,01	2,12	0,15	0,59
Não-Passeriformes	53	- 0,01	0,01	0,89	0,35	0,47
Passeriformes	86	- 0,05	0,03	3,03	0,09	0,11
Suboscines	43	0,02	0,00	0,75	0,39	0,39
Oscines ^{res}	43	- 0,08	0,13	0,00	0,96	0,96

res=resíduos da massa e caractere

Apêndice – Tabelas estatísticas gerais (continuação)

Tabela 25 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes do número de elementos por segundo e habitat de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR ^{res}	135	- 0,02	0,00	1,06	0,31	0,61
Não-Passeriformes	52	- 0,03	0,04	5,42	0,02	0,10
Passeriformes ^{res}	83	- 0,01	0,00	0,01	0,91	0,91
Suboscines	41	- 0,04	0,00	0,99	0,33	0,44
Oscines ^{res}	41	0,08	0,06	0,47	0,50	0,66

res=resíduos da massa e caractere

Tabela 26 - Resultados da regressão dos contrastes filogenéticos independentes do intervalo inter-elemento e habitat de aves brasileiras.

	N	b	r ²	F	p	P _{tfd}
Aves-BR ^{res}	141	- 0,02	0,00	0,79	0,38	0,50
Não-Passeriformes ^{res}	53	0,01	0,00	1,31	0,26	0,52
Passeriformes	86	0,24	0,15	4,33	0,04	0,08
Suboscines	42	0,22	0,20	4,44	0,04	0,08
Oscines	43	0,29	0,12	0,51	0,48	0,96

res=resíduos da massa e caractere