



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ALINE LUANA DE SOUZA

**FATORES DETERMINANTES NA ESTRUTURAÇÃO DA  
COMUNIDADE DE AVES EM FLORESTA ESTACIONAL  
SEMIDECIDUAL NO NORTE DO PARANÁ**

---

Londrina  
2017

ALINE LUANA DE SOUZA

**FATORES DETERMINANTES NA ESTRUTURAÇÃO DA  
COMUNIDADE DE AVES EM FLORESTA ESTACIONAL  
SEMIDECIDUAL NO NORTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Robalinho Lima.

Londrina  
2017

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
BIOLÓGICAS

*DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO*

Discente: Aline Luana de Souza

Título: "Estruturação da comunidade de Aves em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no Norte do Paraná".

Data da Defesa: 30 de junho de 2017 as 14:15 horas na sala 01 do LABESC, desta Universidade.

**Banca Examinadora**

**Parecer**

Presidente:

Dr. Marcos Robalinho Lima

APROVADA

Titulares:


Dr. José Flávio Cândido Junior

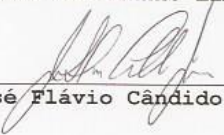
APROVADA


Dr. Luiz dos Anjos

Aprovada

Parecer Final APROVADA

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Marcos Robalinho Lima

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Flávio Cândido Junior

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luiz dos Anjos

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Cleusa e Orildo, por não hesitarem em apoiar todas as minhas escolhas, auxiliando de forma essencial a minha caminhada até aqui. Agradeço por todo o suporte, por aguentarem a saudade e perdoarem minha ausência em todos as datas comemorativas no período do mestrado. Ao meu pai, por todas as mensagens que recebi pela manhã, dizendo o quanto acredita no meu potencial e como se sente orgulhoso. À minha mãe, por todas as orações e cuidados que recebi em períodos difíceis ou quando precisava cumprir curtos prazos. Sem vocês nada seria possível, e minha gratidão não caberia em um parágrafo. Espero um dia poder retribuir de alguma forma pelo menos metade de tudo o que fizeram por mim. Agradeço ao meu irmão Diogo, à Thaís, Bárbara e Gabriela, que como família sofreram, apoiaram e foram essenciais da mesma forma e, portanto, também merecem minha total gratidão.

Ao meu orientador Marcos Robalinho Lima, que já em nossa primeira conversa me aceitou como aluna, por toda a contribuição profissional ao longo de dois anos de trabalho e pelo apoio psicológico quando nada dava certo. Agradeço por não ter desistido de mim e por sempre me mostrar novas saídas e resoluções para todos os problemas que tive durante a pós-graduação.

Ao meu ex-orientador e atual amigo José Flávio, que me incentivou a entrar no programa e mesmo sem nenhuma obrigação formal, nunca deixou de me auxiliar profissional e emocionalmente em tudo o que precisei no decorrer do mestrado.

Aos meus amigos (agora mestres) Karin, Ricardo e Alan, que aguentaram firme meu stress diário e minhas reclamações. Agradeço pelas noites de conversas cultas e intelectuais, pelas risadas, pelas incontáveis canecas de café ao longo do dia, pelas orientações de como proceder em diversas situações e por todos os “Calma Aline, respira!” quando o programa não rodava.

Aos meus colegas dos laboratórios de Ornitologia e Bioacústica e de Ecologia Evolutiva, em especial Guilherme e Larissa, pelas inúmeras contribuições nessa dissertação.

Às minhas amigas Patrícia, Maira, Rayana, Gabriela, Luana, Karin, Sharmila e Amanda, que mesmo com toda a distância nunca deixaram de se mostrar presentes. E aos meus amigos Paulo, Fernanda, Ana Laura, Natália e Francine, que me acolheram em Londrina com todo afeto.

A você, Christian, que apesar de ter chegado aos 45 minutos do segundo tempo, me ajudou a alcançar a vitória em um jogo que eu vinha perdendo até então. Obrigada por ter acreditado em mim, por não cansar de repetir todos os dias o quanto sou capaz e que eu iria conseguir. Agradeço por compartilhado comigo tantos finais de semana e feriados dentro dos laboratórios, você nos de Oxford, eu nos da UEL, bem como noites sem dormir e crises em deadlines.

Por fim, agradeço ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da UEL pelo imenso auxílio na minha formação, a CAPES pelo apoio financeiro, e aos membros da banca examinadora, por todas as correções e contribuições para a melhoria desse manuscrito.

SOUZA, Aline. **Fatores Determinantes na Estruturação da Comunidade de Aves em Floresta Estacional Semidecidual no Norte do Paraná.** 2017. 35 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

## RESUMO

Grande parte da ecologia tradicional se concentrava em descrições da comunidade por meio de características fisionômicas dos ambientes e listas de espécies da área, porém a abordagem funcional mostra-se uma melhor alternativa para o entendimento dos processos envolvidos na estruturação de uma comunidade específica. Traços funcionais são características morfológicas, fenológicas, bioquímicas, fisiológicas ou comportamentais mensuráveis que afetam o desempenho ou aptidão dos indivíduos e são indicadores de sua ecologia. Em relação às aves, por exemplo, o tamanho e formato do bico, asa e cauda podem fornecer informações relacionadas ao tipo de alimentação, maneira com que o alimento é obtido e consumido, além de diferenças no uso do habitat. Unindo dados de traços funcionais das espécies e características ambientais, o presente estudo avaliou as relações entre características ambientais e funcionais das espécies de aves com a abundância das mesmas com o uso de análises RLQ e Fourth-corner, e explorou a existência de processos estruturadores da comunidade de aves em um fragmento de mata Atlântica de 656ha, utilizando um modelo nulo. Em oito dos 39 pontos foram identificados processos estruturadores (filtro ambiental para seis pontos e limitação de similaridade para dois). Embora para a maioria dos pontos (31) a análise inicial não tenha apontado um processo estruturador determinante para a comunidade de aves, análises posteriores mostraram padrões (e.g., associação positiva entre aves insetívoras e maior proporção de bambu na área, associação positiva entre aves frugívoras e presença de árvores médias e pequenas, aves maiores associadas positivamente à ambientes com estrato inferior aberto e negativamente à proporção de bambu, aves de maior porte distribuídas mais distantes no rio) que sugerem uma grande importância de características ambientais na determinação dos atributos funcionais das espécies para a estrutura da comunidade de aves no fragmento de estudo.

**Palavras-chave:** Diversidade funcional. Filtro ambiental. Modelo nulo. RLQ. Fourth-corner.

SOUZA, Aline. **Determining Factors of the Structuring of Bird Community in Semideciduous Atlantic Forest.** 2017. 35 p. Dissertation (Masters in Biological Sciences) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

### **ABSTRACT**

Much of traditional ecology has focused on descriptions of the community with the use of physiognomic characteristics of the environments and species lists of the area, but the functional approach is a better alternative for understanding the processes involved in structuring a specific community. Functional traits are morphological, phenological, biochemical, physiological or behavioral measurable characteristics that affect the performance or aptitude of individuals and are an indicator of their ecology. For birds, for example, the size and shape of the beak, wing and tail can provide information related to the type of diet, manner in which food items are obtained and consumed, and differences of habitat use. By combining functional traits with environmental characteristics, the present study evaluated the association between environmental and functional characteristics of bird species with their abundance in the area with the use of RLQ and Fourth-corner analyzes. The existence of structuring processes of the bird community in a fragment of Atlantic forest of 656ha was also evaluated using a null model procedure. For eight of the 39 sampled sites, a deterministic structuring process (environmental filtering for six points and limitation of similarity for two) was identified. Although for the majority of sites (31) the null model did not point to a deterministic structuring process for the bird community, RLQ and Fourth-corner analyzes showed associations between functional traits and environmental variables (*e.g.*, positive association between insectivorous birds and high proportion of bamboo in the area, positive association between frugivorous and presence of medium and small trees, larger animals positively associated with open understory and negatively associated to the proportion of bamboo, larger animals distributed further from the river), which suggests that environmental characteristics are important determinants of functional traits for the structure of the bird community in the studied fragment.

**Keywords:** Functional diversity. Environmental filtering. Null model. RLQ. Fourth-corner.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 -** Representação esquemática da ordenação de traços funcionais. **(a)** Exemplo de quatro espécies presentes na comunidade: 1. *Thalurania glaucopis* (foto: Leonardo Casadei); 2. *Campylorhamphus falcularius* (foto: Rudimar Cipriani); 3. *Micrastur ruficollis* (foto: Rafael Boni); 4. *Penelope superciliaris* (foto: Aureo Guitolini). **(b)** Exemplo de traços funcionais medidos: comprimento do bico e massa corporal (*P. superciliaris*; foto: Roberto Braga). **(c)** Matriz com valores médios dos traços funcionais medidos para cada espécie. **(d)** Espécies plotadas em um espaço funcional onde os eixos são os valores médios dos traços funcionais..... 4
- Figura 2 -** Representação gráfica dos valores obtidos de uma distribuição nula para um teste bicaudal ( $\alpha = 0,05$ ). .....6
- Figura 3 -** Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG, 23°27'S, 51°15'O), norte do Estado do Paraná, sul do Brasil. Pontos iniciados em N representam as unidades amostrais da porção plana do fragmento, enquanto pontos iniciados em S correspondem às unidades amostrais na porção inclinada. Adaptado de Willrich (2016). .....16
- Figura 4 -** Tabelas R, L e Q. Em verde estão representadas as linhas ou colunas que serão embaralhadas nos procedimentos de permutação. Em azul, linhas e colunas mantidas fixas. **a)** Permutação dos pontos amostrados (ligação L-Q preservada). **b)** Permutação das abundâncias (ligação R-L preservada). .....19
- Figura 5 -** Resultados dos dois primeiros eixos da análise de RLQ: **(a)** pontuações de espécies, **(b)** pontuações de pontos amostrados, **(c)** coeficientes para traços funcionais, e **(d)** variáveis ambientais. Os valores de d representam o tamanho da grade. Códigos para espécies estão disponíveis no Anexo I. ....22

**Figura -** Resultado da análise Fourth-corner. Células vermelhas representam associações positivas significativas ( $\alpha=0,05$ ). Células azuis representam associações negativas significativas ( $\alpha=0,05$ ). Associações não significativas aparecem em cinza. Os valores de p foram ajustados para múltiplas comparações utilizando o procedimento FDR. ....23

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 -</b>	Resultado da análise baseada no modelo nulo. Pontos de amostragem em que filtro ambiental ou limitação de similaridade foi significativamente observado como processo estruturador da comunidade de aves do Parque Estadual Mata dos Godoy no Paraná, Brasil ( $p < 0,05$ ).....	24
-------------------	--	----

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	vii
<b>SUMÁRIO</b> .....	viii
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	7
<b>FATORES DETERMINANTES NA ESTRUTURAÇÃO DA COMUNIDADE DE AVES EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO NORTE DO PARANÁ</b> .....	10
<b>RESUMO</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	11
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	14
<b>Área de estudo</b> .....	14
<b>Coleta dos dados</b> .....	15
<b>Avifauna</b> .....	15
<b>Variáveis Ambientais</b> .....	17
<b>Traços funcionais</b> .....	17
<b>Análise Estatística</b> .....	17
<b>RLQ e Fourth-corner</b> .....	18
<b>Índices de Diversidade Funcional e Modelo Nulo</b> .....	20
<b>RESULTADOS</b> .....	21
<b>RLQ e Fourth-corner</b> .....	21
<b>Índices de diversidade funcional e modelo nulo</b> .....	23
<b>DISCUSSÃO</b> .....	24
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	27
<b>APÊNDICE A – Resultados significativos da análise Fourth-corner (<math>\alpha=0,05</math>)</b> .....	31
<b>ANEXO I - Lista de espécies amostradas no Parque Estadual Mata dos Godoy</b> .....	32

## INTRODUÇÃO GERAL

Um dos maiores desafios da ecologia é entender a distribuição e abundância de organismos no espaço e no tempo. Entre vários mecanismos propostos, a estrutura e a heterogeneidade do ambiente têm sido apontadas como importantes fatores para explicar os padrões de uso e seleção de habitat pelas espécies e, portanto, distribuição e abundância das espécies (KHANAPOSHTANI et al., 2012). A estrutura da comunidade vegetal é determinada pela composição florística, densidade, frequência e dominância de espécies vegetais, fatores que estão intimamente ligados à diversas características funcionais da floresta, como formação de diferentes microclimas, crescimento de árvores, disponibilidade de recursos vegetais (como frutos, sementes e néctar) e melhoria da estabilidade da comunidade (KHANAPOSHTANI et al., 2012). Além disso, esses fatores estão associados ao fornecimento de presas (por exemplo, herbívoros), refúgio contra predação e locais de nidificação, podendo assim afetar e explicar a distribuição espacial, riqueza e abundância da avifauna em uma determinada área (MACARTHUR; MACARTHUR, 1961; ESCLARSKI; CINTRA, 2014; GUERTA, 2014; WILLRICH, 2016).

Além da estrutura vegetacional das florestas, a diversidade e distribuição de espécies também pode ser explicada por meio de fatores abióticos, forma e paisagem em que um fragmento se encontra, características da matriz circundante e de fragmentos próximos, grau de conectividade entre fragmentos e características biológicas de cada espécie (POLETTTO et al., 2004; VOLPATO et al., 2006). No entanto, a complexidade das florestas tropicais e das interações interespecíficas envolvidas dificulta a análise de quais mecanismos ecológicos afetam de modo marcante a ocorrência, distribuição e abundância de aves (CINTRA; MARUOKA; NAKA, 2006).

Grande parte da ecologia tradicional se concentrava em descrições da comunidade por meio da caracterização da fisionomia das áreas e lista de espécies ocorrentes e, em alguns casos, abundância dessas espécies (KEDDY, 1992). Esses dados quantitativos possibilitavam a descrição de uma

área quanto aos seus componentes taxonômicos, como riqueza e composição de espécies, e como esses estão associados a variáveis espaciais (e.g., latitude, distância entre áreas) e climáticas (e.g., evapotranspiração, temperatura). Essas medidas tradicionais são importantes, mas não possibilitam uma avaliação quantitativa robusta dos processos ecológicos e evolutivos envolvidos na determinação da distribuição e abundância de espécies (PAVOINE; BONSALL, 2011). Uma alternativa é medir os traços funcionais das espécies, o que possibilita um melhor entendimento dos processos ecológicos e evolutivos envolvidos na estruturação de uma comunidade específica (CIANCIARUSO; SILVA; BATALHA, 2009; CADOTTE; CARSCADDEN; MIROTCHNICK, 2011).

Traços funcionais são características morfológicas, fenológicas, bioquímicas, fisiológicas ou comportamentais mensuráveis que afetam o desempenho ou aptidão dos indivíduos em determinado ambiente (VIOLLE et al., 2007; CADOTTE; CARSCADDEN; MIROTCHNICK, 2011). A morfologia de uma espécie pode ser um indicador de sua ecologia, e quando traços funcionais não morfológicos são incluídos - como características bioquímicas e comportamentais - as informações ecológicas obtidas são ainda melhores (MOUILLOT et al., 2013). Por exemplo, espécies de aves podem ter bicos de formatos similares o que indica hábitos alimentares similares, mas ao incluir a informação de como a espécie forrageia, essas podem apresentar diferenças no espaço funcional como um todo (SHERRY, 2016).

Em peixes, traços morfológicos como altura, largura e comprimento do corpo, do pedúnculo caudal, das nadadeiras e da cabeça, bem como altura e largura da boca e posição relativa dos olhos podem fornecer informações sobre a velocidade de natação, capacidade de realizar manobras, preferência de habitats ocupados pela espécie, tamanho de presas consumidas e posição do animal na coluna d'água (PIORSKI et al., 2005; TEIXEIRA; BENNEMANN, 2007). Em serpentes, tamanho e massa corporal, largura da cabeça, tamanho e posição dos olhos e narinas podem ser determinantes dos tipos de presas que a espécie pode subjugar e preferência de substratos de forrageio (PRADO, 2006). Quanto aos marsupiais, traços de dieta, tamanho dos pés e das garras e

peso corporal podem refletir habitats ocupados pelas espécies, bem como estrato de forrageio e habilidades arborícolas (VIEIRA; CAMARGO, 2013).

Em relação às aves, o tamanho e formato do bico, asa e cauda podem fornecer informações relacionadas ao tipo de alimentação, maneira com que o alimento é obtido e consumido, além de diferenças no uso do habitat (MORRISON, 1982; MOERMOND, 1990). Por exemplo, bicos finos e longos possibilitam que os beija-flores alcancem os nectários florais. Bicos curvos, fortes e pontudos permitem aos rapinantes cortar e rasgar a carne de suas presas. Diferenças morfológicas nas asas de insetívoros permitem que as aves executem diferentes manobras ou estilos de caça, e o comportamento de forrageamento oferece pistas importantes para avaliar e interpretar os padrões de exploração de alimentos (MOERMOND, 1990).

Devido à essa relação de traços funcionais e suas funções, a avaliação do espaço funcional é uma abordagem versátil e sensível que oferece informações sobre mudanças nas assembleias ao longo do tempo, impactos de espécies invasoras e respostas a mudanças ambientais. Além disso, possibilita que previsões acerca da distribuição das espécies sejam feitas, o que permite ao gestor tomar melhores decisões de conservação e restauração de habitats (DRAY; LEGENDRE, 2008; CADOTTE; CARSCADDEN; MIROTCHNICK, 2011; MOUILLOT et al., 2013).

A utilização de métodos de ordenação (exemplificada na figura 1) fornece uma metodologia que permite uma análise simultânea de múltiplos traços em múltiplos organismos, e o uso do espaço funcional multidimensional com base nos traços das espécies está emergindo como uma maneira particularmente útil de caracterizar mudanças nas comunidades ou testar teorias ecológicas (MOUILLOT et al. 2013). Com o uso dessa abordagem de traços funcionais é possível compreender, por exemplo, como as comunidades são moldadas ao longo de um gradiente ambiental (LAVOREL et al., 2008; CADOTTE; CARSCADDEN; MIROTCHNICK, 2011).

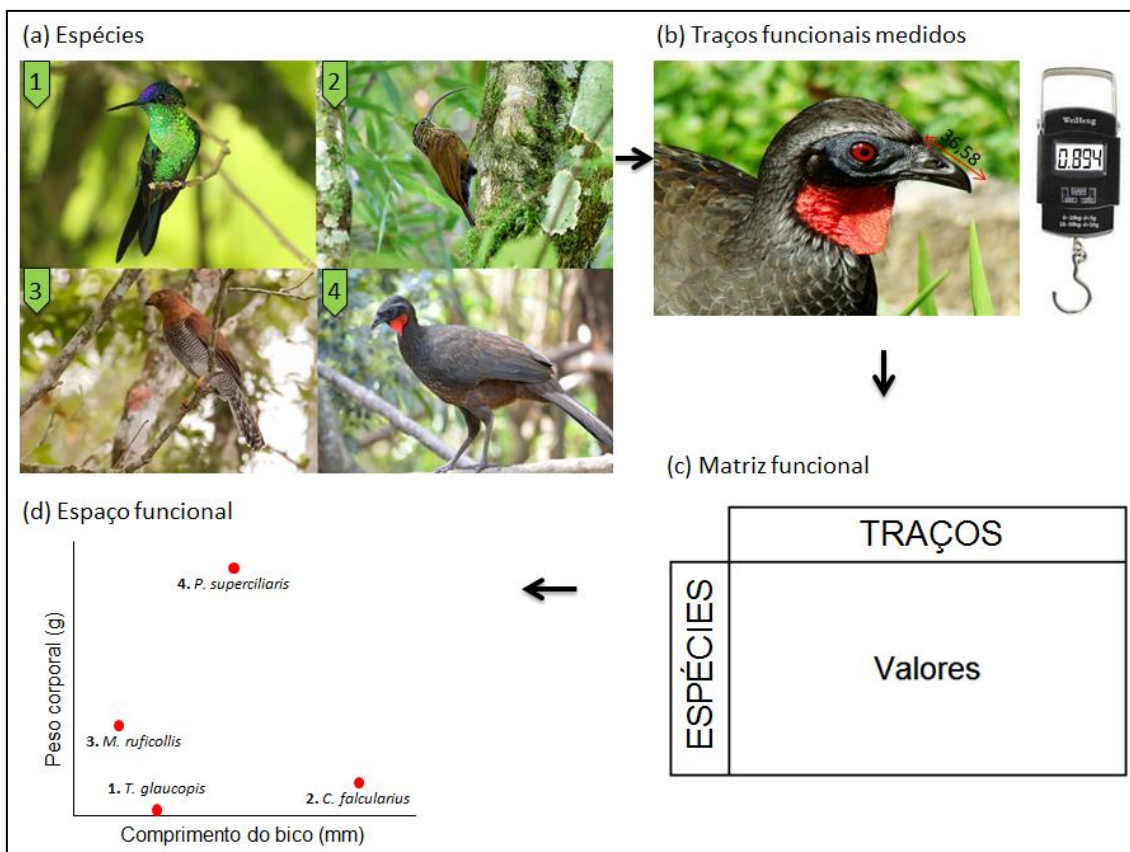


FIGURA 1. Representação esquemática da ordenação de traços funcionais. **(a)** Exemplo de quatro espécies presentes na comunidade: 1. *Thalurania glaucopsis* (foto: Leonardo Casadei); 2. *Campylorhamphus falcularius* (foto: Rudimar Cipriani); 3. *Micrastur ruficollis* (foto: Rafael Boni); 4. *Penelope superciliaris* (foto: Aureo Guitolini). **(b)** Exemplo de traços funcionais medidos: comprimento do bico e massa corporal (*P. superciliaris*; foto: Roberto Braga). **(c)** Matriz com valores médios dos traços funcionais medidos para cada espécie. **(d)** Espécies plotadas em um espaço funcional onde os eixos são os valores médios dos traços funcionais.

Dentre as inúmeras tentativas de explicar a estruturação das comunidades, dois fatores têm sido apontados como mecanismos estruturadores, baseados nos conceitos de filtro ambiental (KEDDY, 1992) e limitação de similaridade (MACARTHUR; LEVINS, 1967). Os filtros ambientais podem selecionar as espécies que irão ocorrer em um determinado local devido à condições ambientais limitantes. Os habitats podem servir como filtros eliminando conjuntos de traços funcionais que não são adequados a esses ambientes. As espécies que compõem a comunidade, portanto, seriam aquelas que conseguem sobreviver à esses filtros. Assim, os habitats selecionam a partir de um pool regional de espécies, um subgrupo destas que possuem características que permitem uma melhor exploração dos recursos (KEDDY,

1992). Esse filtro ambiental deve levar a uma convergência de determinados atributos funcionais dentro da comunidade. Porém, espécies que utilizam um recurso limitante de forma similar não devem coexistir com frequência e a coexistência de espécies em uma comunidade depende dos tipos de recursos pelos quais a competição ocorre (GAUSE, 1934; TILMAN, 1980).

É esperado que espécies que compartilham o mesmo espaço e competem pelo mesmo recurso desenvolvam mecanismos que minimizem a competição interespecífica e a sobreposição de nicho (PIGOT; TRISOS; TOBIAS, 2016). Esses mecanismos incluem exploração de diferentes microhabitats, diferenças na composição da dieta, comportamento de forrageio e diferenças morfológicas (STUBBS; WILSON, 2004; GUERTA, 2014). Um exemplo clássico é o deslocamento de caractere nos tentilhões de Darwin (GRANT; GRANT, 2003).

Estudos relacionados a processos estruturadores de comunidades estão associados ao uso de modelos nulos. Um modelo nulo consiste em um processo estatístico que tem como objetivo gerar distribuições aleatórias de valores para uma determinada variável de interesse. Esse método possibilita estipular uma situação controle, ou seja, se o valor observado poderia ser obtido simplesmente ao acaso (PAES; BLINDER, 1995; GOTZENBERG et al., 2012). Para a construção de um modelo nulo com o objetivo de analisar se filtro ambiental ou limitação de similaridade estão estruturando a comunidade, um determinado número de permutações são feitas embaralhando linhas e colunas de uma matriz de abundância de espécies, mantendo fixos os dados de uma matriz de traços funcionais. Esse procedimento gera uma distribuição nula dos valores de diversidade funcional.

Se há um filtro ambiental então as espécies irão convergir para um espaço funcional similar (logo, menor do que o esperado pelo acaso). Já se houver uma limitação de similaridade, espera-se uma divergência no espaço funcional (logo, maior do que o esperado pelo acaso). Portanto, ao avaliar a distribuição nula dos índices de diversidade funcional é possível determinar se um dado local possui um valor observado maior ou menor do que esperado pela distribuição nula. Para um valor observado que se encontra abaixo da

maioria dos valores nulos (i.e., < 2,5% dos valores da distribuição nula), considera-se que o ambiente funciona como filtro ambiental naquele ponto amostral. Valores observados que encontram-se acima da maioria dos valores nulos (i.e., > 97,5% dos valores da distribuição nula), considera-se a limitação de similaridade como sendo o processo estruturador prevalente. Se o valor observado encontra-se entre esses valores máximos e mínimos da distribuição nula, considera-se que nem filtro ambiental e nem limitação de similaridade estão estruturando a comunidade (Figura 2).

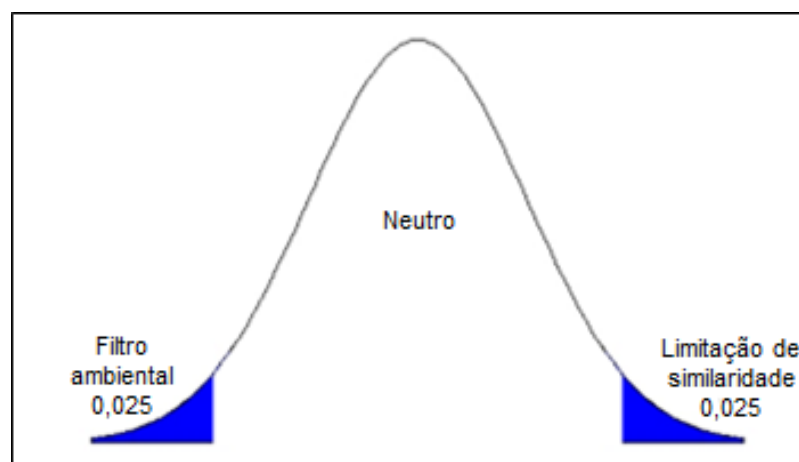


FIGURA 2. Representação gráfica dos valores obtidos de uma distribuição nula para um teste bicaudal ( $\alpha = 0,05$ ).

Alguns estudos já encontraram limitação de similaridade atuando como processo estruturador de comunidade de plantas (e.g., STUBBS; WILSON, 2004), assim como comunidades de plantas respondendo a filtros ambientais (e.g., CORNWELL; SCHWILK; ACKERLY, 2006), ou até mesmo ambos atuando juntos para determinar a abundância de espécies em dimensões contrastantes de nicho (e.g., HARPOLE; TILMAN, 2006; MAIRE et al., 2012).

Dentro desse contexto, usando o grupo Aves como objeto de estudo e juntando uma abordagem de traços funcionais e características ambientais, o presente estudo irá avaliar se existem correlações entre os traços funcionais das aves com características da estrutura da vegetação, possibilitando avaliar se as aves respondem a algum gradiente ambiental. O segundo objetivo será determinar qual processo é o mais provável de estar estruturando a comunidade de aves em um fragmento de 656ha de Floresta Estacional Semidecidual na região Sul do Brasil.

## REFERÊNCIAS

- CADOTTE, M.W.; CARSCADDEN, K.; MIROTCHEV, N. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of Applied Ecology*, v. 48, n. 5, p. 1079-1087, 2011.
- CIANCIARUSO, M.V.; SILVA, I.A.; BATALHA, M.A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropica*, v. 9, n. 3, p. 93-103, 2009.
- CINTRA, R.; MARUOKA, A.E.; NAKA, L.N. Abundance of two *Dendrocincla woodcreepers* (Aves: Dendrocolaptidae) in relation to forest structure in Central Amazonia. *Acta Amazonica*, v. 36, n. 2, p. 209-220, 2006.
- CORNWELL, W.K.; SCHWILK, D.W.; ACKERLY, D.D. A trait-based test for habitat filtering: convex hull volume. *Ecology*, v. 87, n.6, p. 1465-1471, 2006.
- DRAY, S.; LEGENDRE, P. Testing the species traits–environment relationships: the fourth-corner problem revisited. *Ecology*, v. 89, n. 12, p. 3400-3412, 2008.
- ESCLARSKI, P.; CINTRA, R. Effects of terra firme-forest structure on habitat use by owls (Aves: Strigiformes) in central brazilian Amazonia. *Ornitologia Neotropical*, v. 25, p. 433-458, 2014.
- GAUSE, G.F. *The struggle for existence*. Baltimore, Williams & Wilkins Company, 1934.
- GOTZENBERGER, L.; BELLO, F.; BRATHEN, K.A.; DAVISON, J.; DUBUIS, A.; GUIBAN, A.; LEPS, J.; LINDBORG, R.; MOORA, M.; PARTEL, M.; PELLISSIE, L.; POTTIER, J.; VITTOZ, P.; ZOBEL, K.; ZOBEL, M. Ecological assembly rules in plant communities – approaches, patterns and prospects. *Biological Reviews*, v. 87, p. 111-127, 2012.
- GRANT, B.R.; GRANT, P.R. What Darwin's Finches can teach us about the evolutionary origin and regulation of biodiversity. *BioScience*, v. 53, n. 10, 2003.
- GUERTA, R.S. *Efeito da estrutura do habitat na distribuição espacial de duas espécies de tinamídeos (Aves: Tinamidae) na floresta de terra-firme na Amazônia Central*. 2014. 62 fls. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus – AM, 2014.
- HARPOLE, W.S.; TILMAN, D. Non-neutral patterns of species abundance in grassland communities. *Ecology Letters*, v. 9, p. 15-23, 2006.
- KEDDY, P.A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science*, v. 3, p. 157-164, 1992.
- KHANAPOSHTANI, M.G.; KABOLI, M.; KARAMI, M.; ETEMAD, V. Effect of habitat complexity on richness, abundance and distributional pattern of forest birds. *Environmental Management*, v. 50, p. 296-303, 2012.

- LAVOREL, S.; GRIGULIS, K.; MCINTYRE, S.; WILLIAMS, N.S.G.; GARDEN, D.; DORROUGH, J.; BERMAN, S.; QUÉTIER, F.; THÉBAULT, A.; BONIS, A. Assessing functional diversity in the field – methodology matters! *Functional Ecology*, v. 22, p. 134-147, 2008.
- MACARTHUR, R.; LEVINS, R. The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *The American Naturalist*, v. 101, n. 921, 1967.
- MACARTHUR, R.H.; MACARTHUR, J.W. On bird species diversity. *Ecology*, v. 42, p. 594-598, 1961.
- MAIRE, V.; GROSS, N.; BORGER, L.; PROULX, R.; WIRTH, C.; PONTES, L.S.; SOUSSANA, J.F.; LOUAULT, F. Habitat filtering and niche differentiation jointly explain species relative abundance within grassland communities along fertility and disturbance gradients. *New Phytologist*, v. 196, p. 497-509, 2012.
- MOERMOND, T.C. A functional approach to foraging: morphology, behavior, and the capacity to exploit. *Studies in Avian Biology*, v. 13, p. 427-430, 1990.
- MORRISON, M.L. The structure of western warbler assemblages: ecomorphological analysis of the Black-throated Gray and Hermit warblers. *The Auk*, n. 99, p. 503-513, 1982.
- MOUILLOT, D.; GRAHAM, N.A.J.; VILLÉGER, S.; MASON, N.W.H.; BELLWOOD, D.R. A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 28, n. 3, p. 167-177, 2013.
- PAES, E.T.; BLINDER, P.B. Modelos nulos e processos de aleatorização: algumas aplicações em ecologia de comunidades. *Oecologia brasiliensis*, v. 2, p. 119-139, 1995.
- PAVOINE, S.; BONSALE, M.B. Measuring biodiversity to explain community assembly: a unified approach. *Biological Reviews*, v. 86, n. 4, p. 792–812, 2011.
- PIGOT, A.L.; TRISOS, C.H.; TOBIAS, J.A. Functional traits reveal the expansion and packing of ecological niche space underlying an elevational diversity gradient in passerine birds. *Proceedings of the Royal Society B*, v. 283, 2016.
- PIORSKI, N.M.; ALVES, J.R.L.; MACHADO, M.R.B.; CORREIA, M.M.F. Alimentação e ecomorfologia de duas espécies de piranhas (Characiformes: Characidae) do lago de Viana, estado do Maranhão, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 35, n. 1, p. 63-70, 2005.
- POLETTI, F.; ANJOS, L.; LOPES, E.V.; VOLPATO, G.H.; SERAFINI, P.P.; FAVARO, F.L. Caracterização do microhabitat e vulnerabilidade de cinco espécies de arapaçus (Aves: Dendrocolaptidae) em um fragmento florestal do norte do estado do Paraná, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, v. 12, p. 89-96, 2004.

PRADO, L.P. *Ecomorfologia e estratégias reprodutivas nos Boidae (Serpentes), com ênfase nas espécies neotropicais*. 2006. 151 p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2006.

SHERRY, T.W. Avian Food and Foraging. In: LOVETTE, I.J. E FITZPATRICK, J.W. (eds.) *Handbook of Bird Biology*. Chichesters, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 3rd Edition, 2016.

STUBBS, W.J.; WILSON, J.B. Evidence for limiting similarity in a sand dune community. *Journal of Ecology*, v. 92, p. 557-567, 2004.

TEIXEIRA, I.; BENNEMANN, S.T. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. *Biota Neotropica*, v. 7, n. 2, p. 67-76, 2007.

TILMAN, D. Resources: A graphical-mechanistic approach to competition and predation. *The American Naturalist*, v. 116, n. 3, 1980.

VIEIRA, E.M.; CAMARGO, N.F. Uso do espaço vertical por marsupiais brasileiros. In: CÁCERES, N.C (Org). *Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação*. Mato Grosso do Sul: Editora UFMS, p. 347-363, 2013.

VIOLLE, C.; NAVAS, M.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. Let the concept of trait be functional! *Oikos*, v. 116, p. 882-892, 2007.

VOLPATO, G.H.; ANJOS, L.; POLETTO, F.; SERAFINI, P.P.; LOPES, E.V.; FÁVARO, F.L. Terrestrial passerines in an Atlantic Forest remnant of southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 66, n. 2A, p. 473-478, 2006.

WILLRICH, G. *Pode um fragmento florestal abrigar uma metacomunidade composta de organismos com alta capacidade dispersiva?* 2016. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

## FATORES DETERMINANTES NA ESTRUTURAÇÃO DA COMUNIDADE DE AVES EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO NORTE DO PARANÁ

### RESUMO

Há muito os ecólogos têm debatido sobre quais processos (determinísticos ou estocásticos) têm maior importância na estruturação de comunidades. A abordagem funcional tem sido usada para compreender como as comunidades são moldadas em um determinado ambiente e avaliar as relações entre as características do ambiente e das espécies com a abundância das mesmas na área. Já o modelo nulo nos permite interpretar a estruturação de comunidades como resultado de dois mecanismos determinísticos distintos – filtro ambiental (características ambientais selecionando um subgrupo de um pool regional de espécies) ou limitação de similaridade (limite para quão similares duas espécies em coexistência podem ser) – ou estocasticidade. Através das análises RLQ e Fourth-corner, o presente estudo avaliou as relações entre características ambientais e funcionais das espécies e suas abundâncias na área e explorou a existência de processos estruturadores da comunidade de aves no Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), um fragmento de mata Atlântica de 656ha. Em oito dos 39 pontos amostrados foram identificados processos estruturadores determinísticos (filtro ambiental para seis pontos e limitação de similaridade para dois). Embora para a maioria dos pontos (31) o modelo nulo não apontou um processo estruturador determinístico, as análises RLQ e Fourth-corner mostraram a existência de padrões (e.g., associação positiva entre aves insetívoras e maior proporção de bambu na área, associação positiva entre aves frugívoras e presença de árvores médias e pequenas, aves maiores associadas positivamente a ambientes com estrato inferior aberto e negativamente à proporção de bambu, aves de maior porte distribuídas mais distantes no rio) que sugerem que a distribuição e a abundância das espécies no PEMG estão associadas às suas características funcionais e às características ambientais. Os resultados sugerem também que para organismos móveis em ambiente heterogêneo, a modelagem nula parece não refletir adequadamente a força estruturadora da comunidade, enquanto análises que levem em consideração traços funcionais das espécies e

características ambientais simultaneamente têm a capacidade de prever padrões de abundância de espécies de aves.

**Palavras-chave:** diversidade funcional; filtro ambiental; modelo nulo; RLQ; Fourth-corner.

## **ABSTRACT**

Ecologists have long debated which processes (deterministic or stochastic) are most important in structuring communities. The functional approach has been used to understand how communities are shaped and to assess the relationships between the characteristics of the environment and species traits, considering species abundance in the area. However, null modeling allows us to interpret community structuring as a result of two distinct deterministic mechanisms – environmental filtering (environmental characteristics selecting a subgroup of a regional pool of the species) or limiting similarity (limit to how similar two coexisting species can be) – or stochasticity. Through the RLQ and Fourth-corner analyzes, the present study evaluated the relationships between environmental and functional characteristics of bird species with their abundances in the area and explored the existence of structuring processes of the bird community in Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), an Atlantic forest of 656ha, using a null model. For eight of the 39 sampled sites, structuring processes (environmental filtering for six points and limitation of similarity for two) was identified. Although for the majority sites (31) the null model did not point to a deterministic structuring process for the bird community, RLQ and Fourth-corner analyzes showed patterns (*e.g.*, positive association between insectivorous birds and high proportion of bamboo in the area, positive association between frugivorous birds and presence of medium and small trees, larger animals positively associated with open understory and negatively to the proportion of bamboo, larger animals distributed further from the river) which suggest that the distribution and abundance of PEMG species are associated with their functional characteristics and environmental characteristics. The results also suggest that for mobile organisms in a

heterogeneous environment, null modeling does not seem to adequately reflect the structuring power in that community, while analyzes combining simultaneously functional traits of species and environmental characteristics have the capacity to predict patterns of abundance of bird species.

**Keywords:** functional diversity; environmental filtering; null model; RLQ; Fourth-corner.

## INTRODUÇÃO

A ecologia tem entre seus objetivos entender e determinar quais processos estão envolvidos na estruturação de comunidades e coexistência de espécies (CHASE, 2014; KLINGBEIL; WILLIG, 2016). De acordo com a teoria do nicho (HUTCHINSON, 1957), as espécies possuem íntima associação com as características abióticas e bióticas do ambiente, e uma comunidade de espécies poderia ser estruturada baseada na relação entre os nichos ecológicos presentes e o ambiente. Por outro lado, a teoria neutra de biodiversidade diz que todas as espécies possuem a mesma capacidade de utilizar os recursos e a ocorrência de espécies depende de eventos estocásticos (HUBBELL, 2001). Um dos principais debates entre os ecologistas se dá entre processos determinísticos (e.g., interações interespecíficas e condições ambientais) e processos estocásticos (e.g., deriva ecológica, colonizações e extinções randômicas), como mecanismos estruturadores das comunidades (HUBBELL, 2001; CHASE, 2014; VELLEND et al., 2014; KLINGBEIL; WILLIG, 2016).

Uma abordagem baseada em traços funcionais das espécies (i.e., características morfológicas, fenológicas, bioquímicas, fisiológicas ou comportamentais mensuráveis) tem sido usada para compreender como as comunidades são moldadas em um determinado ambiente e avaliar as relações entre as características do ambiente e das espécies com a abundância das mesmas na área (VIOLLE et al., 2007; DRAY; LEGENDRE, 2008; LAVOREL et al., 2008; CADOTTE; CARSCADDEN; MIROTCHNICK, 2011). Já a modelagem nula nos permite interpretar a estruturação de

comunidades como resultado de dois mecanismos determinísticos – filtro ambiental (KEDDY, 1992) e limitação de similaridade (MACARTHUR; LEVINS, 1967) – ou estocasticidade.

O ambiente pode servir de filtro, selecionando a partir de um pool regional de espécies, um subgrupo com as características que lhes permitem a melhor exploração dos recursos (KEDDY, 1992). Esse filtro deve levar a uma convergência de determinados atributos funcionais dentro da comunidade. Porém, segundo o princípio da exclusão competitiva, duas espécies não coexistem indefinidamente quando o mesmo recurso limita as duas (GAUSE, 1934; TILMAN, 1980), sendo esperado que espécies que compartilham um mesmo espaço desenvolvam mecanismos que minimizem a competição interespecífica e a sobreposição de nicho (*e.g.*, diferenças na composição da dieta, comportamento de forrageio e diferenças morfológicas) (GAUSE, 1934; STUBBS; WILSON, 2004; GUERTA, 2014). MacArthur e Levins (1967) desenvolveram a teoria de limitação de similaridade, que é um limite para quão similares duas espécies em coexistência podem ser. Acredita-se que quando o habitat apresenta baixa heterogeneidade, este oferecerá poucas oportunidades para a partição do nicho, o que leva ao aumento da competição interespecífica e a torna a limitação predominante para a coexistência de espécies (GÓMEZ et al., 2010).

O Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), mesmo com 656ha, apresenta um gradiente ambiental marcante, tornando-o um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual heterogêneo. Além disso, estudos suportam a existência de uma metacomunidade de aves dentro do fragmento e mostram que as características ambientais locais podem ser importantes para determinar a distribuição de espécies na área (SANTANA; ANJOS, 2010; WILLRICH, 2016), com a preferência de algumas espécies por áreas com estrutura ambiental específica (SANTANA; ANJOS, 2010). Outro fator importante é a manutenção relativamente constante da composição da avifauna no fragmento ao longo dos anos (WILLRICH et al., 2016).

Dentro desse contexto, juntando uma abordagem de traços funcionais e características ambientais, o presente estudo avaliou as relações entre

características ambientais, características funcionais das espécies e sua abundância no PEMG, e explorou a existência de processos estruturadores da comunidade de aves nesse fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no Sul do Brasil.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O estudo foi realizado no Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), fragmento florestal de Mata Atlântica localizado no município de Londrina, PR (23°27'S e 51°15'W) (Figura 3). O Parque possui 656ha, mas conecta-se a outros fragmentos, totalizando cerca de 2800 ha. O PEMG encontra-se em meio a uma matriz de pastagens, terras cultivadas, áreas florestadas e reflorestadas. Ao sul, o parque é limitado pelo ribeirão dos Apertados. Sendo uma das poucas áreas de preservação de grande porte da Floresta Estacional Semidecidual do norte do estado, sua importância se deve não apenas à sua extensão, mas também ao seu estado de conservação e diversidade da fauna e flora (VICENTE, 2006).

O clima da região é do tipo Cfa - clima subtropical úmido mesotérmico, com temperatura média anual de 21°C. O inverno em geral é ameno (média de 16,5°C) e seco e o verão quente (média de 31°C) e chuvoso (VICENTE, 2006).

O Parque apresenta um desnível desde o ponto mais baixo da área, no ribeirão dos Apertados (460 m a.n.m.), até o ponto mais alto (600 m a.n.m.) (VICENTE, 2006). Este desnível é acompanhado por um gradiente de vegetação, sendo que as porções Norte e Sul do PEMG diferem floristicamente em consequência das variações topográfica, umidade e tipos de solo (SILVEIRA, 2006).

A floresta que cobre a parte norte do Parque, onde o terreno é praticamente plano, apresenta uma alta concentração de *Euterpe edulis* (palmitheiro) e *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa). Apresenta maior

quantidade de árvores altas (mais de 35 metros) que conferem certa uniformidade ao dossel, além de epífitas e cipós cobrindo a copa das árvores e ervas e arbustos adaptados à baixa luminosidade (SILVEIRA, 2006).

Na encosta, o terreno é marcado por forte declividade, dossel muito irregular e árvores mais espaçadas, permitindo maior entrada de luz e estabelecimento de um sub-bosque mais denso. Além do predomínio de *Chusquea* sp. (bambu) e *Celtis iguanaea* (arbusto trepador), *Parapiptadenia rigida* (curucaia), *Nectandra megapotamica* (canela-preta) e *Campomanesia xantocarpa* (gaviroba) também são abundantes nessa área (SILVEIRA, 2006).

Em relação à avifauna, um total de 331 espécies foram registradas no Parque ao longo de 23 anos de monitoramento, com sua composição mantendo-se relativamente constante (WILLRICH et al., 2016).

### **Coleta dos dados**

A coleta de dados sobre abundância de aves e variáveis ambientais foi realizada por Willrich (2016), estabelecendo-se 39 pontos na área de estudo onde foram aplicados os métodos de amostragem da avifauna e das características ambientais. Os pontos foram posicionados procurando abranger a maior parte do Parque e uma maior variação das características ambientais, distando no mínimo 100 metros da borda da floresta. 21 pontos foram distribuídos nas áreas planas ao norte do Parque e 18 na porção inclinada ao sul (Figura 3).

### **Avifauna**

Os dados sobre a avifauna foram coletados utilizando-se o método de ponto de escuta (ponto fixo), com raio de observação de 50 metros e tempo de 15 minutos por ponto (VIELLIARD et al., 2010). A fim de evitar a sobreposição dos raios de observação e assegurar que o mesmo indivíduo não fosse contabilizado repetidamente em diferentes pontos, cada ponto foi estabelecido a uma distância de 200 metros entre eles.

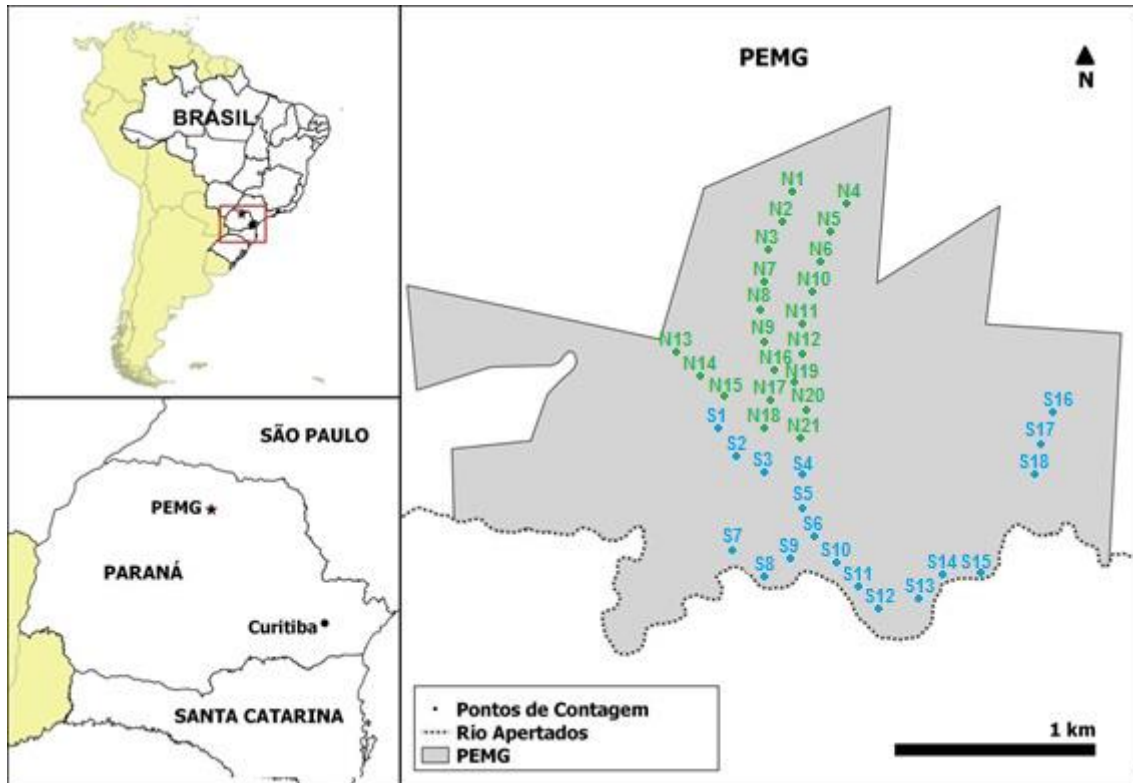


FIGURA 3. Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG, 23°27'S, 51°15'O), norte do Estado do Paraná, sul do Brasil. Pontos iniciados em N representam as unidades amostrais da porção plana do fragmento, enquanto pontos iniciados em S correspondem às unidades amostrais na porção inclinada. Adaptado de Willrich (2016).

Por meio de registros visuais (binóculo Bushnell 10x42) e auditivos (gravações com gravador digital Sony PCM-M10 de vocalizações não identificadas em campo) foram obtidos dados de riqueza e abundância de aves em cada ponto. As amostragens foram realizadas entre setembro e dezembro de 2014, sempre pelo mesmo observador e iniciando logo após o início da atividade vocal das aves diurnas (para mais informações, ver Willrich (2016)).

Foram registradas 110 espécies de aves pertencentes a 31 famílias, sendo Tyrannidae e Thraupidae as famílias mais representativas, com 15 e 12 espécies respectivamente (anexo I). A nomenclatura das espécies seguiu a lista taxonômica do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (PIACENTINI et al., 2015). Para obtenção da abundância relativa das espécies foi calculado o Índice Pontual de Abundância – IPA (VIELLIARD et al., 2010) de cada espécie em cada ponto.

## Variáveis Ambientais

A coleta das variáveis ambientais foi realizada por meio de parcelas de 10m x 5m posicionadas a um metro de cada ponto central de amostragem para aves, totalizando 12 variáveis. As características ambientais medidas foram: árvores grandes (n), árvores médias (n), árvores pequenas (n), palmeiras (n), troncos podres (n), cobertura herbácea (%), bambu (%), samambaia (%), estrato inferior livre (%), cipós e lianas (%), cobertura de dossel (%) e distância do rio (m) (para mais detalhes de descrição e mensuração de variáveis, ver Willrich (2016)).

## Traços funcionais

Para cada espécie de ave registrada foram obtidas informações sobre 15 traços funcionais: Seis desses traços foram dados morfométricos (comprimento do bico (mm), altura do bico (mm), largura do bico (mm), comprimento da asa (mm), comprimento da cauda (mm) e massa corpórea (g)); quatro foram de estrato de forrageio (solo, sub-bosque, subcopa e dossel); e cinco foram traços de dieta (invertebrados, vertebrados, frutos, néctar ou sementes).

Os dados morfométricos das aves (exceto massa corpórea) foram obtidos por Calsavara (2016) a partir de espécimes do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP). Os demais traços foram obtidos da literatura (WILMAN et al., 2014). Para mais informações veja Calsavara (2016).

## **Análise Estatística**

Para as análises estatísticas foram construídas três matrizes de dados (Figura 4). A primeira matriz apresenta a abundância (IPA) de cada espécie nas colunas e os pontos de escuta amostrados nas linhas. A segunda matriz é organizada pelos traços funcionais nas colunas e espécies nas linhas. Na terceira matriz, variáveis ambientais estão representadas nas colunas e os pontos amostrados nas linhas.

Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico R versão 3.3.0 (R CORE TEAM, 2016).

#### RLQ e Fourth-corner

Buscando-se avaliar associações entre as variáveis ambientais, traços funcionais e abundância das aves, foram realizadas análises RLQ (DOLÉDEC et al., 1996) e Fourth-corner (LEGENDRE et al., 1997), seguindo Dray e colaboradores (2014).

Essas análises baseiam-se nas informações contidas nas três tabelas, considerando-as simultaneamente: a tabela L ( $n \times p$ ) que apresenta a abundância (ou ocorrência) de  $p$  espécies dentro de  $n$  amostras; a tabela Q ( $p \times s$ ) que descreve  $s$  traços para as  $p$  espécies e a tabela R ( $n \times m$ ) com as medidas de  $m$  variáveis ambientais em  $n$  amostras (por exemplo, parcelas ou pontos) (Figura 4) (DRAY et al., 2014).

A ordenação proporcionada pela análise RLQ atribui escores à espécies, à amostras, aos traços e às variáveis ambientais ao longo de eixos ortogonais e fornece um resumo gráfico das principais estruturas (DOLÉDEC et al., 1996). Por outro lado, a abordagem fourth-corner combina as três tabelas originais e uma matriz de associações traços-ambiente e propõe procedimentos de permutação para avaliar a significância dessas associações (LEGENDRE et al., 1997), medindo e testando as múltiplas associações entre um traço funcional e uma variável ambiental de cada vez.

Dray e Legendre (2008) propuseram uma análise combinando dois modelos de permutação. No primeiro modelo é feita a permutação das  $n$  amostras (linhas de R ou L) (Figura 4.a) para testar a hipótese nula de que a distribuição de espécies após fixar os traços não é influenciada pelas condições ambientais. Em outras palavras, a hipótese nula assume que não há relação entre R e L (dado que a ligação L-Q é preservada). A hipótese alternativa considera que o ambiente influencia a distribuição de espécies de acordo com seus traços funcionais. No segundo modelo a permutação é feita com  $p$  espécies (linhas de Q ou colunas de L) (Figura 4.b) para testar a

hipótese nula de que a composição de espécies de amostras com condições ambientais fixas não é influenciada pelas características das espécies. A hipótese nula assume que não há relação entre L e Q (já que a ligação R-L é preservada). A hipótese alternativa considera que os traços influenciam a composição das associações de espécies.

<b>(a) R</b> variáveis ambientais						<b>L</b> abundância						<b>Q</b> traços funcionais					
ponto	al	am	ap	plm	tp	ponto	17	53	52	20	93	esp.	cb	lb	ab	a	
N10						N10						17					
N11						N11						53					
N12						N12						52					

<b>(b) R</b> variáveis ambientais						<b>L</b> abundância						<b>Q</b> traços funcionais					
ponto	al	am	ap	plm	tp	ponto	17	53	52	20	93	esp.	cb	lb	ab	a	
N10						N10						17					
N11						N11						53					
N12						N12						52					

FIGURA 4. Tabelas R, L e Q. Em verde estão representadas as linhas ou colunas que serão embaralhadas nos procedimentos de permutação. Em azul, linhas e colunas mantidas fixas. **(a)** Permutação dos pontos amostrados (ligação L-Q preservada). **(b)** Permutação das abundâncias (ligação R-L preservada).

A combinação dos resultados desses dois modelos permite testar a hipótese nula de que pelo menos uma tabela (R ou Q) não está relacionada com a tabela L, contra a hipótese alternativa de que tanto as características ambientais quanto das espécies influenciam a distribuição de espécies (i.e., ligações L-Q e R-L são significativas). Porém essa abordagem combinada aumenta o erro do tipo I em comparação a modelos de permutação simples. Como alternativa, Braak e colaboradores (2012) propuseram um teste sequencial para controlar o erro do tipo I em todos os casos, que foi seguido nas análises desse trabalho.

Em todos os procedimentos de randomização foram utilizadas 9999 permutações. Tanto para a análise RLQ quanto para fourth-corner utilizou-se o pacote *ade4* (DRAY; DUFOUR, 2007). O primeiro passo da análise RLQ é realizar análises de ordenação para cada tabela separadamente. Uma análise de correspondência (*dudi.coa*) foi aplicada à tabela de espécies. Para variáveis ambientais, todas as variáveis são quantitativas e, portanto, foi aplicada uma

análise de componentes principais (*dudi.pca*). A tabela de traços funcionais apresenta variáveis quantitativas e categóricas, por isso utilizou-se a função *dudi.hillsmith* que permite considerar diferentes tipos de variáveis. Posteriormente foi aplicado um teste multivariado (Monte-Carlo) para avaliar a significância global da relação entre traços funcionais e variáveis ambientais. Este teste baseia-se na inércia total da análise RLQ (para maiores informações ver Dray et al. (2014)).

No teste fourth-corner foi aplicado o método de controle da FDR (false discovery rate) para reduzir a proporção de falsos positivos. O valor de  $p$  foi ajustado para múltiplas comparações pela função *p.adjust.4thcorner*.

#### Índices de Diversidade Funcional e Modelo Nulo

Para avaliar a existência de um processo estruturador determinístico (filtro ambiental ou limitação da similaridade) na comunidade de aves, foram calculados índices de diversidade funcional de espécies e construído um modelo nulo.

Os cálculos dos índices de diversidade funcional foram feitos por meio do pacote FD (LALIBERTÉ; LEGENDRE; SHIPLEY, 2014). Primeiramente foi feita a standardização dos dados morfométricos para que as medidas ficassem na mesma escala, aplicando-se a função *decostand*. Já para os traços funcionais de dieta e forrageio, devido ao fato de estarem representados como a proporção de cada alimento consumido ou preferência de forrageio, aplicou-se a função *prep.fuzzy*. Por fim os índices de diversidade foram calculados por meio da função *dbFD*, e foi escolhido utilizar os valores da Entropia Quadrática de Rao (RAO) (RAO, 1982), por levar em consideração a abundância relativa das espécies e medir a dissimilaridade de traços funcionais comparando as espécies par a par (BOTTA-DUKÁT, 2005).

Para a construção do modelo nulo, os valores observados da Entropia Quadrática de Rao foram randomizados 999 vezes dentro de uma distribuição nula. Quando um valor observado estava representado abaixo da maioria dos valores nulos (i.e., < 2,5% dos valores da distribuição nula), considerou-se que

o ambiente funciona como filtro ambiental naquele ponto amostral. Para valores observados que se encontraram acima da maioria dos valores nulos (i.e., > 97,5% dos valores da distribuição nula), considerou-se a limitação de similaridade como sendo o processo estruturador prevalente. Se o valor observado encontrou-se entre esses valores máximos e mínimos da distribuição nula, considerou-se que nem filtro ambiental e nem limitação de similaridade estão estruturando a comunidade de aves.

## RESULTADOS

### RLQ e Fourth-corner

A análise RLQ mostrou uma relação significativa ( $p = 0,0001$ ) entre traços funcionais e variáveis ambientais, que pode ser resumida pelos dois primeiros eixos da RLQ (84,387% e 2,22% para os eixos 1 e 2, respectivamente).

A parte negativa (esquerda) do primeiro eixo RLQ identifica espécies de maior porte (cauda, asa, massa, e comprimento, largura e altura do bico) (Figura 5.c), encontradas principalmente em ambientes com maior número de árvores, mais distantes do ribeirão dos Apertados e com uma menor concentração de bambu (Figura 5.d). A parte positiva (direita) identifica espécies com uma dieta composta de invertebrados, de menor porte (Figura 5.c), e encontradas principalmente em pontos com alta concentração de bambu (Figura 5.d).

Uma diferença marcante de características ambientais entre pontos da região plana do PEMG (iniciados em N) e pontos da porção em declive (iniciados em S) pode ser vista na Figura 5.b.

Foram identificadas 62 associações significativas ( $\alpha = 0,05$ ) entre variáveis ambientais e traços funcionais pela análise fourth-corner. Após o ajuste do valor de  $p$  para múltiplas comparações, 40 associações mantiveram-se significativas (Figura 6; apêndice A).

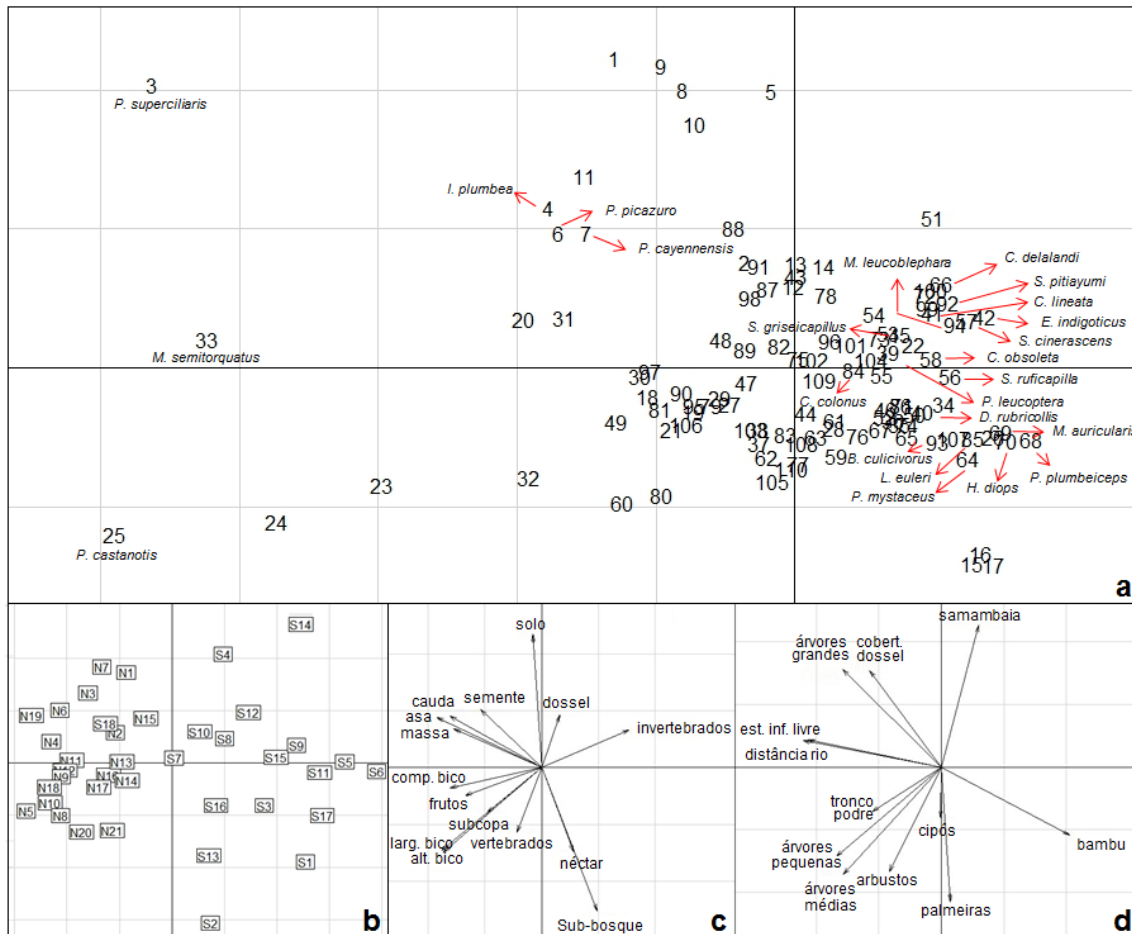


FIGURA 5. Resultados dos dois primeiros eixos da análise de RLQ: (a) pontuações de espécies, (b) pontuações de pontos amostrados, (c) coeficientes para traços funcionais, e (d) variáveis ambientais. Os valores de  $d$  representam o tamanho da grade. Códigos para espécies estão disponíveis no Anexo I.

Todos os traços morfométricos apresentaram associação significativa positiva com a distância do ribeirão dos Apertados e estrato inferior livre, e associação negativa com porcentagem de bambu na área. Com exceção da relação entre massa corpórea e árvores pequenas ( $p=0,06$ ), todos os traços relacionados à morfologia também apresentaram associação significativa positiva com o número de árvores grandes e pequenas. Comprimento e largura do bico e tamanho da asa apresentaram associação positiva com a cobertura do dossel na área.

Quanto aos traços relacionados à dieta, insetívoros apresentaram associação positiva com a porcentagem de bambu, mas negativa com o número de árvores médias e pequenas e com a porcentagem de estrato inferior livre. Já os frugívoros apresentaram associação positiva significativa

com a presença de árvores médias e pequenas e com a porcentagem de estrato inferior livre.

Nenhum comportamento de forrageio apresentou associação significativa com as variáveis ambientais da área.

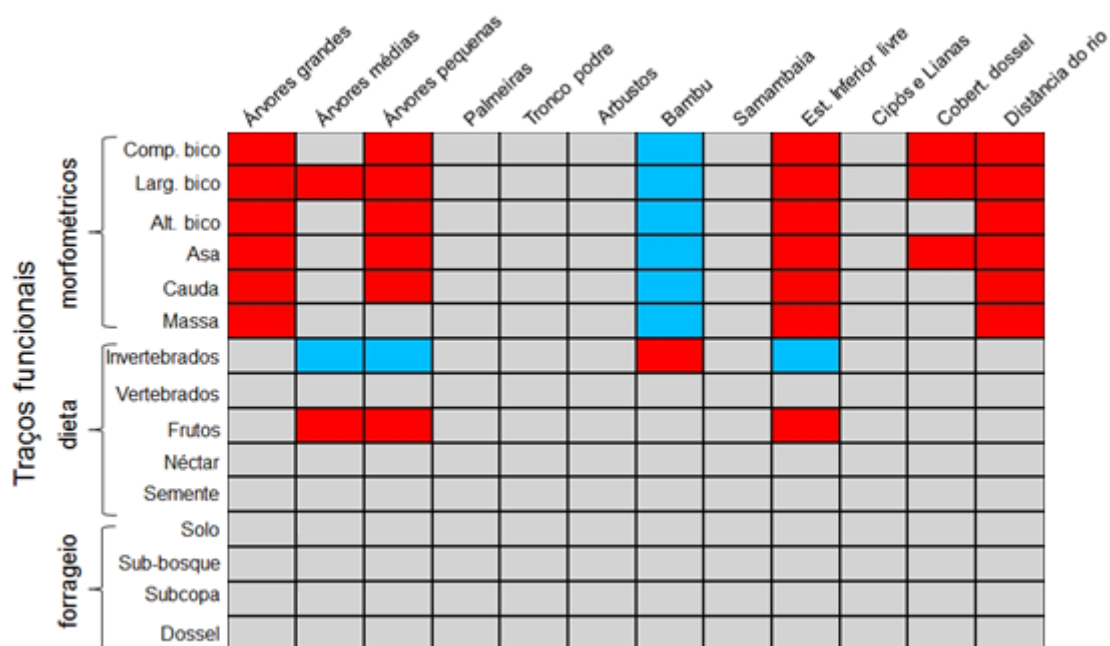


FIGURA 6. Resultado da análise Fourth-corner. Células vermelhas representam associações positivas significativas ( $\alpha=0,05$ ). Células azuis representam associações negativas significativas ( $\alpha=0,05$ ). Associações não significativas aparecem em cinza. Os valores de p foram ajustados para múltiplas comparações utilizando o procedimento FDR.

### Índices de diversidade funcional e modelo nulo

Os resultados da análise de modelagem nula mostraram que para seis pontos pertencentes à porção sul do PEMG, o ambiente foi considerado como o processo estruturador mais forte da comunidade de aves. Para dois pontos alocados na porção norte do fragmento, a limitação da similaridade foi considerada como mecanismo estruturador (Tabela 1).

Para os 31 pontos restantes, nenhum processo determinístico foi encontrado como fator estruturador significativo da comunidade de aves.

Tabela 1. Resultado da análise baseada no modelo nulo. Pontos de amostragem em que filtro ambiental ou limitação de similaridade foi significativamente observado como processo estruturador da comunidade de aves do Parque Estadual Mata dos Godoy no Paraná, Brasil ( $p < 0,05$ ).

Ponto	Localização	Processo	Valor de p
S4	Declive	Filtro ambiental	0,030
S5	Declive	Filtro ambiental	0,040
S7	Declive	Filtro ambiental	0,014
S13	Declive	Filtro ambiental	0,026
S14	Declive	Filtro ambiental	0,026
S15	Declive	Filtro ambiental	0,008
N18	Platô	Limitação de similaridade	0,040
N21	Platô	Limitação de similaridade	0,006

## DISCUSSÃO

As análises RLQ e Fourth-corner mostram que existem alguns padrões associados às relações entre características funcionais das espécies e características ambientais, sendo que pelo menos quatro podem ser vistos com clareza (Figura 6): 1. Aves insetívoras possuem uma associação positiva com alta proporção de bambu na área; 2. Aves frugívoras possuem associação positiva com a presença de árvores médias e pequenas; 3. Aves de maior porte estão associadas positivamente à ambientes com estrato inferior livre e negativamente à proporção de bambu; 4. Aves de maior porte encontram-se distribuídas mais distantes do rio. Porém, para a maioria dos pontos amostrados, o modelo nulo não apontou um processo determinístico na estruturação da comunidade de aves.

Mesmo com uma área de 656ha, o parque possui uma alta heterogeneidade ambiental, demonstrada de forma clara pelos gráficos gerados pela análise RLQ (Figura 5.b) e concordando com os resultados encontrados por Willrich (2016). Com exceção do ponto S18, todos os pontos da área inclinada aparecem a direita do gráfico, onde a variável bambu (alta concentração de *Chusquea* sp.) atua com bastante força. As variáveis que representam um ambiente mais heterogêneo (árvores grandes, médias,

pequenas, arbustos) e um estrato inferior livre, possuem forças inversas a do bambu, e todos os pontos do norte estão representados nessa porção esquerda do gráfico. Por mais que um processo estocástico seja o mais frequente na estruturação dessa comunidade, vale ressaltar que mesmo assim existe um gradiente ecológico associado à declividade do terreno, corroborado pelas análises RLQ e Fourth-corner.

A forte relação positiva da presença de bambu com a abundância de 39 *Pyriglena leucoptera* (Vieillot, 1818), 40 *Drymophila rubricollis* (Bertoni, 1901), 41 *Conopophaga lineata* (Wied, 1831), 56 *Synallaxis ruficapilla* Vieillot, 1819, 57 *Synallaxis cinerascens* Temminck, 1823, 58 *Cranioleuca obsoleta* (Reichenbach, 1853), 64 *Platyrynchus mystaceus* Vieillot, 1818, 66 *Corythopsis delalandi* (Lesson, 1830), 68 *Poecilotriccus plumbeiceps* (Lafresnaye, 1846), 69 *Myiornis auricularis* (Vieillot, 1818), 70 *Hemitriccus diops* (Temminck, 1822) e 85 *Lathrotriccus euleri* (Cabanis, 1868) (Figura 5 (a e d)) apresentada nesse estudo, corroboram os resultados encontrados por Santana e Anjos (2010).

A ordenação das espécies resultante da análise RLQ (Figura 5.a) mostra de forma clara a relação positiva entre animais maiores (e.g., 3 *Penelope superciliaris* Temminck, 1815, 33 *Micrastur semitorquatus* (Vieillot, 1817), 4 *Ictinia plumbea* (Gmelin, 1788), 6 *Patagioenas picazuro* (Temminck, 1813), 7 *Patagioenas cayennensis* (Bonnaterre, 1792), 25 *Pteroglossus castanotis* Gould, 1834)) e estrato inferior livre, bem como a relação negativa das mesmas espécies com a porcentagem de bambu, concordando com os resultados da análise Fourth-corner (Figura 6). Da mesma forma, corrobora a relação positiva entre animais pequenos e insetívoros com a alta concentração de bambu na área (e.g., 92 *Setophaga pitayumi* (Vieillot, 1817), 42 *Eleoscytalopus indigoticus* (Wied, 1831), 94 *Myiothlypis leucoblephara* (Vieillot, 1817), 93 *Basileuterus culicivorus* (Deppe, 1830), 45 *Sittasomus griseicapillus* (Vieillot, 1818), 84 *Colonia colonus* (Vieillot, 1818)) (Figura 5.a).

Um dos possíveis motivos para explicar essa relação deve ser a quantidade de invertebrados presentes em áreas com alta concentração de bambu. Primeiro porque é comum ter uma maior abundância de invertebrados em áreas com maiores densidades de bambu (REID et al., 2004). Segundo,

diversos insetos aquáticos emergem após sua metamorfose em adultos, tornando-se alimento potencial para animais insetívoros presentes próximos ao rio (JACKSON; FISHER, 1986). Corroborando essa informação, Nakano e Murakami (2001) mostraram que aves presentes em matas ripárias, como é o caso dos pontos alocados próximos ao Ribeirão dos Apertados, podem de fato se beneficiar de insetos aquáticos que emergem do rio.

Hubbell (2001) afirmou que a teoria neutra fornece uma "teoria unificada de biodiversidade e biogeografia". Entretanto, uma única teoria em ecologia não se aplica em todas as escalas espaciais, temporais e taxonômicas (MCGILL et al., 2006). Apesar da análise baseada no modelo nulo apoiar a teoria neutra, não se pode afirmar que não há nenhum fator estruturando essa comunidade apenas porque, com o nosso conjunto de dados, não foi encontrado nenhum processo estruturador.

Quando buscamos entender esses processos estruturadores da comunidade, devemos levar em consideração a escala com que estamos trabalhando, pois essa pode alterar nossa percepção da importância relativa de cada mecanismo na comunidade (CHASE, 2014). A versão original da teoria neutra de Hubbell foi desenvolvida com base em dados de uma parcela de ~13ha na Costa Rica (HUBBELL, 1979), enquanto o presente estudo foi realizado em um fragmento de 656ha, conectado a outros fragmentos totalizando uma área ainda maior.

Chave (2004) em seu trabalho sugeriu que a teoria neutra está explicitamente relacionada com comunidades de organismos residentes (e.g., plantas, corais ou animais não migratórios). No entanto, a comunidade estudada engloba um grupo com ampla mobilidade, com presença de algumas espécies migratórias (e.g., *Coccyzus melacoryphus* Vieillot, 1817, *Myiodynastes maculatus* (Statius Muller, 1776)). Devido a isso, o modelo nulo pode ter sido falho na detecção de processos estruturadores nessa comunidade.

Apesar de a teoria neutra ter sido aceita pelo modelo nulo, as análises RLQ e Fourth-corner, em conjunto, fortalecem a afirmação de que há, de fato,

um gradiente ambiental na área de estudo, e que a distribuição e a abundância das espécies no PEMG estão associadas às suas características funcionais e às características ambientais. Os resultados desse trabalho sugerem também que para organismos móveis em ambiente heterogêneo, a modelagem nula parece não refletir adequadamente a força estruturadora da comunidade. Por outro lado, análises que levem em consideração traços funcionais das espécies e características ambientais simultaneamente, têm a capacidade de prever padrões de abundância de espécies de aves, sendo recomendado seu uso.

## REFERÊNCIAS

BOTTA-DUKÁT, Z. Rao's quadratic entropy as a measure of functional diversity based on multiple traits. *Journal of Vegetation Science*, v. 16, p. 533–540, 2005.

BRAAK, C.; CORMONT, A.; DRAY, S. Improved testing of species traits–environment relationships in the fourth corner problem. *Ecology*, v. 93, p. 1525–1526, 2012.

CADOTTE, M.W.; CARSCADDEN, K.; MIROTCHNICK, N. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of Applied Ecology*, v. 48, p. 1079–1087, 2011.

CALSAVARA, L.C. *Variações de diversidade funcional de aves em áreas perturbadas de floresta com Araucária*. 2016. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

CHASE, J.M. Spatial scale resolves the niche versus neutral theory debate. *Journal of Vegetation Science*, v. 25, p. 319–322, 2014.

CHAVE, J. Neutral theory and community ecology. *Ecology Letters*, v. 7, p. 241–253, 2004.

DOLÉDEC, S.; CHESSEL, D.; TER BRAAK, C.J.F.; CHAMPELY, S. Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method. *Environmental and Ecological Statistics*, v. 3, p. 143–166, 1996.

DRAY, S.; DUFOUR, A.B. The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*, v. 22, n. 4, p. 1–20, 2007.

DRAY, S.; LEGENDRE, P. Testing the species traits–environment relationships: the fourth-corner problem revisited. *Ecology*, v. 89, p. 3400–3412, 2008.

DRAY, S.; CHOLER, P.; DOLÉDEC, S.; PERES-NETO, P.R.; THUILLER, W.; PAVOINE, S.; BRAAK, C.J.F. Combining the fourth-corner and the RLQ methods for assessing trait responses to environmental variation. *Ecology*, v. 95, n.1, p. 14–21, 2014.

GAUSE, G.F. *The struggle for existence*. Baltimore, Williams & Wilkins Company, 1934.

GÓMEZ, J.P.; BRAVO, G.A.; BRUMFIELD, R.T.; TELLO, J.G.; CADENA, C.D. A phylogenetic approach to disentangling the role of competition and habitat filtering in community assembly of Neotropical forest birds. *Journal of Animal Ecology*, v. 79, p. 1181-1192, 2010.

GUERTA, R.S. *Efeito da estrutura do habitat na distribuição espacial de duas espécies de tinamídeos (Aves: Tinamidae) na floresta de terra-firme na Amazônia Central*. 2014. 62 fls. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus – AM, 2014.

HUBBELL, S.P. Tree dispersion, abundance and diversity in a tropical dry forest. *Science*, v. 203, p. 1299–1309, 1979.

HUBBELL, S.P. *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton: Princeton University Press, 2001. 375 p.

HUTCHINSON, G.E. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, v. 22, p. 415-427, 1957.

JACKSON, J.K.; FISHER, S.G. Secondary production, emergence, and export of aquatic insects of a sonoran desert stream. *Ecology*, v. 67, n. 3, p. 629-638, 1986.

KEDDY, P.A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science*, v. 3, p. 157-164, 1992.

KLINGBEIL, B.T.; WILLIG, M.R. Community assembly in temperate forest birds: habitat filtering, interspecific interactions and priority effects. *Evolutionary Ecology*, v. 30, n. 4, p. 703–722, 2016.

LALIBERTÉ, E.; LEGENDRE, P.; SHIPLEY, B. *FD*: measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology. R package version 1.0-12, 2014.

LAVOREL, S.; GRIGULIS, K.; MCINTYRE, S.; WILLIAMS, N.S.G.; GARDEN, D.; DORROUGH, J.; BERMAN, S.; QUÉTIER, F.; THÉBAULT, A.; BONIS, A. Assessing functional diversity in the field – methodology matters! *Functional Ecology*, v. 22, p. 134-147, 2008.

LEGENDRE, P.; GALZIN, R.; HARMELIN-VIVIEN. Relating behavior to habitat: Solutions to the fourth-corner problem. *Ecology*, v. 78, n. 4, p. 547-562, 1997.

MACARTHUR, R.; LEVINS, R. The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *The American Naturalist*, v. 101, n. 921, 1967.

MCGILL, B.J.; MAURER, B.A.; WEISER, M.D. Empirical evaluation of neutral theory. *Ecology*, v. 87, n. 6, p. 1411-1423, 2006.

NAKANO, S.; MURAKAMI, M. Reciprocal subsidies: Dynamic interdependence between terrestrial and aquatic food webs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 98, n. 1, p. 166-170, 2001.

PIACENTINI, V.Q.; ALEIXO, A.; AGNE, C.E.; MAURÍCIO, G.N.; PACHECO, J.F.; BRAVO, G.A.; BRITO, G.R.R.; NAKA, L.N.; OLMOS, F.; POSSO, S.; SILVEIRA, L.F.; BETINI, G.S.; CARRANO, E.; FRANZ, I.; LEES, A.C.; LIMA, L.C.; PIOLI, D.; SCHUNCK, F.; AMARAL, F.R.; BENCKE, G.; COHN-HAFT, M.; FIGUEIREDO, L.F.A.; STRAUBE, F.C.; CESARI, E. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee. *Revista Brasileira de Ornitologia*, v. 23, p. 91-298, 2015.

R CORE TEAM. R: *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <<http://www.r-project.org/>>. 2016.

RAO, C.R. Diversity and dissimilarity coefficients: a unified approach. *Theoretical Population Biology*, v. 21, p. 24-43, 1982.

REID, S.; DIAZ, I.A.; ARMESTO, J.J.; WILLSON, M.F. Importance of native bamboo for understory birds in Chilean temperate forests. *Auk*, v. 121, n. 2, p. 515-525, 2004.

SANTANA, C.R.; ANJOS, L. Associação de aves a agrupamentos de bambu na porção Sul da Mata Atlântica, Londrina, Estado do Paraná, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 2, 2010.

SILVEIRA, M. A vegetação do Parque Estadual Mata dos Godoy. In: TOREZAN, J. M. D. (Org.). *Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy*. Londrina: Itedes, 2006. p. 19-27.

STUBBS, W.J.; WILSON, J.B. Evidence for limiting similarity in a sand dune community. *Journal of Ecology*, v. 92, p. 557-567, 2004.

TILMAN, D. Resources: A graphical-mechanistic approach to competition and predation. *The American Naturalist*, v. 116, n. 3, 1980.

VELLEND, M.; SRIVASTANA, D.S.; ANDERSON, K.M.; BROWN, C.D.; JANKOWSKI, J.E.; KLEYNHANS, E.J.; KRAFT, N.J.B.; LETAW, A.D.; MACDONALD, A.A.M.; MACLEAN, J.E.; MYERS-SMITH, I.H.; NORRIS, A.R.; XUE, X. Assessing the relative importance of neutral stochasticity in ecological communities. *Oikos*, v. 123, n. 12, p. 1420–1430, 2014.

VICENTE, R.F. O Parque Estadual Mata dos Godoy. In: TOREZAN, J. M. D. (Org.). *Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy*. Londrina: Itedes, 2006. p. 13-18

VIELLIARD, J.M.E.; ALMEIDA, M.E.C.; ANJOS, L.; SILVA, W.R.. Levantamento quantitativo por pontos de escuta e o Índice Pontual de Abundância (IPA). In: VON MATTER, S.; STRAUBE, F.C.; ACCORDI, I.A.; PIACENTINI, V.Q.; CÂNDIDO-JR, J.F. (Orgs.). *Ornitologia e Conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento*. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2010, p. 47-60.

VIOLLE, C.; NAVAS, M.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. Let the concept of trait be functional! *Oikos*, v. 116, p. 882-892, 2007.

WILLRICH, G. *Pode um fragmento florestal abrigar uma metacomunidade composta de organismos com alta capacidade dispersiva?* 2016. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

WILLRICH, G.; CALSAVARA, L.C.; LIMA, M.R.; OLIVEIRA, R.C.; BOCHIO, G.M.; ROSA, G.L.M.; MUZI, V.C.; ANJOS, L. Twenty-three years of bird monitoring reveal low extinction and colonization of species in a reserve surrounded by an extremely fragmented landscape in southern Brazil. *Revista Brasileira de Ecologia*, v. 24, n. 3, p. 235-259, 2016.

WILMAN, H.; BELMAKER, J.; SIMPSON, J.; ROSA, C.; RIVADENEIRA, M.M.; JETZ, W. EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals. *Ecology*, v. 95, n. 2027, 2014.

**APÊNDICE A – Resultados significativos da análise Fourth-corner ( $\alpha=0,05$ )**

<b>Associações</b>	<b>Obs</b>	<b>Std.Obs</b>	<b>Valor de p</b>	<b>p ajustado</b>
árvores grandes x altura do bico	9,77E+04	2,68E+09	0,0040	0,0164
árvores grandes x asa	1,10E+05	4,02E+09	0,0001	0,0072
árvores grandes x cauda	1,30E+05	4,72E+09	0,0001	0,0072
árvores grandes x comp. do bico	8,73E+04	2,63E+09	0,0053	0,0207
árvores grandes x largura do bico	9,83E+04	2,72E+09	0,0036	0,0151
árvores grandes x massa	8,30E+04	2,53E+09	0,0080	0,0288
árvores médias x frutos	8,69E+04	2,90E+09	0,0027	0,0147
árvores médias x invertebrados	-9,30E+04	-3,14E+09	0,0012	0,0117
árvores médias x largura do bico	9,64E+04	2,63E+09	0,0062	0,0233
árvores pequenas x altura do bico	1,28E+05	3,43E+09	0,0002	0,0072
árvores pequenas x asa	1,14E+05	3,08E+09	0,0010	0,0105
árvores pequenas x cauda	1,04E+05	2,81E+09	0,0037	0,0175
árvores pequenas x comp. do bico	1,08E+05	2,91E+09	0,0029	0,0154
árvores pequenas x frutos	1,16E+05	3,10E+09	0,0016	0,0129
árvores pequenas x invertebrados	-1,04E+05	-2,77E+09	0,0041	0,0185
árvores pequenas x largura do bico	1,32E+05	3,54E+09	0,0002	0,0072
bambu x altura do bico	-1,44E+05	-3,26E+09	0,0009	0,0105
bambu x asa	-1,48E+05	-3,36E+09	0,0008	0,0105
bambu x cauda	-1,35E+05	-3,08E+09	0,0018	0,0129
bambu x comp. do bico	-1,30E+05	-2,96E+09	0,0023	0,0140
bambu x invertebrados	1,16E+05	2,58E+09	0,0073	0,0306
bambu x largura do bico	-1,40E+05	-3,16E+09	0,0017	0,0129
bambu x massa	-1,28E+05	-2,94E+09	0,0025	0,0141
cobertura dossel x asa	9,52E+04	2,58E+09	0,0069	0,0253
cobertura dossel x comp. do bico	7,96E+04	2,57E+09	0,0100	0,0383
cobertura dossel x largura do bico	8,16E+04	2,25E+09	0,0156	0,0474
distância do rio x altura do bico	1,50E+05	3,10E+09	0,0013	0,0117
distância do rio x asa	1,58E+05	3,26E+09	0,0010	0,0105
distância do rio x cauda	1,38E+05	2,86E+09	0,0023	0,0141
distância do rio x comp. do bico	1,46E+05	3,02E+09	0,0013	0,0117
distância do rio x largura do bico	1,49E+05	3,05E+09	0,0018	0,0129
distância do rio x massa	1,39E+05	2,91E+09	0,0014	0,0120
est. inferior livre x altura do bico	1,53E+05	3,39E+09	0,0006	0,0105
est. inferior livre x asa	1,47E+05	3,27E+09	0,0010	0,0105
est. inferior livre x cauda	1,28E+05	2,85E+09	0,0032	0,0160
est. inferior livre x comp. do bico	1,33E+05	2,97E+09	0,0024	0,0141
est. inferior livre x frutos	1,18E+05	2,60E+09	0,0078	0,0319
est. inferior livre x invertebrados	-1,25E+05	-2,75E+09	0,0046	0,0197
est. inferior livre x largura do bico	1,51E+05	3,35E+09	0,0008	0,0105
est. inferior livre x massa	1,27E+05	2,87E+09	0,0031	0,0159

## ANEXO I - Lista de espécies amostradas no Parque Estadual Mata dos Godoy

COD	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR (PORT./INGLÊS)
<b>TINAMIFORMES</b>		
<b>Tinamidae</b>		
1	<i>Crypturellus obsoletus</i> (Temminck, 1815)	inambuguaçu; Brown Tinamou
2	<i>Crypturellus tataupa</i> (Temminck, 1815)	inambu-chintã; Tataupa Tinamou
<b>GALLIFORMES</b>		
<b>Cracidae</b>		
3	<i>Penelope superciliaris</i> Temminck, 1815	jacupemba; Rusty-margined Guan
<b>ACCIPITRIFORMES</b>		
<b>Accipitridae</b>		
4	<i>Ictinia plumbea</i> (Gmelin, 1788)	sovi; Plumbeous Kite
<b>COLUMBIFORMES</b>		
<b>Columbidae</b>		
5	<i>Claravis pretiosa</i> (Ferrari-Perez, 1886)	pararu-azul; Blue Ground-Dove
6	<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck, 1813)	asa-branca; Picazuro Pigeon
7	<i>Patagioenas cayennensis</i> (Bonnaterre, 1792)	pomba-galega; Pale-vented Pigeon
8	<i>Leptotila verreauxi</i> Bonaparte, 1855	juriti-pupu; White-tipped Dove R
9	<i>Leptotila rufaxilla</i> (Richard & Bernard, 1792)	juriti-de-testa-branca; Gray-fronted
10	<i>Geotrygon montana</i> (Linnaeus, 1758)	pariri; Ruddy Quail-Dove
<b>CUCULIFORMES</b>		
<b>Cuculidae</b>		
11	<i>Piaya cayana</i> (Linnaeus, 1766)	alma-de-gato; Squirrel Cuckoo
12	<i>Coccyzus melacoryphus</i> Vieillot, 1817	papa-lagarta; Dark-billed Cuckoo
13	<i>Tapera naevia</i> (Linnaeus, 1766)	saci; Striped Cuckoo
14	<i>Dromococcyx pavoninus</i> Pelzeln, 1870	peixe-frito-pavonino; Pavonine Cuckoo
<b>APODIFORMES</b>		
<b>Trochilidae</b>		
15	<i>Phaethornis eurynome</i> (Lesson, 1832)	rabo-branco-de-garganta-rajada; Scale
16	<i>Thalurania glaucopis</i> (Gmelin, 1788)	beija-flor-de-costas-violetas; Long-tailed Woodnymph
17	<i>Amazilia fimbriata</i> (Gmelin, 1788)	beija-flor-de-garganta-verde; Glittering
<b>TROGONIFORMES</b>		
<b>Trogonidae</b>		
18	<i>Trogon surrucura</i> Vieillot, 1817	surucuá-variado; Surucua Trogon
19	<i>Trogon rufus</i> Gmelin, 1788	surucuá-dourado; Black-throated Trogon
<b>CORACIIFORMES</b>		
<b>Momotidae</b>		
20	<i>Baryphthengus ruficapillus</i> (Vieillot, 1818)	juruva; Rufous-capped Motmot
<b>GALBULIFORMES</b>		
<b>Bucconidae</b>		

21	<i>Notharchus swainsoni</i> (Gray, 1846)	macuru-de-barriga-castanha; Buff-bellied
22	<i>Nonnula rubecula</i> (Spix, 1824)	macuru; Rusty-breasted Nunlet
<b>PICIFORMES</b>		
<b>Ramphastidae</b>		
23	<i>Selenidera maculirostris</i> (Lichtenstein, 1823)	araçari-poca; Spot-billed Toucanet
24	<i>Pteroglossus bailloni</i> (Vieillot, 1819)	araçari-banana; Saffron Toucanet
25	<i>Pteroglossus castanotis</i> Gould, 1834	araçari-castanho; Chestnut-eared Aracari
<b>Picidae</b>		
26	<i>Picumnus temminckii</i> Lafresnaye, 1845	picapauzinho-de-coleira; Ochre-collared Piculet
27	<i>Melanerpes flavifrons</i> (Vieillot, 1818)	benedito-de-testa-amarela; Yellow-fronted
28	<i>Veniliornis spilogaster</i> (Wagler, 1827)	picapauzinho-verde-carijó; White-spotted Woodpecker
29	<i>Colaptes melanochloros</i> (Gmelin, 1788)	pica-pau-verde-barrado; Green-barred Woodpecker
30	<i>Celeus flavescens</i> (Gmelin, 1788)	pica-pau-de-cabeça-amarela; Blond
31	<i>Dryocopus lineatus</i> (Linnaeus, 1766)	pica-pau-de-banda-branca; Lineated
<b>FALCONIFORMES</b>		
<b>Falconidae</b>		
32	<i>Micrastur ruficollis</i> (Vieillot, 1817)	falcão-caburé; Barred Forest-Falcon R
33	<i>Micrastur semitorquatus</i> (Vieillot, 1817)	falcão-relógio; Collared Forest-Falcon
<b>PASSERIFORMES</b>		
<b>TYRANNI</b>		
<b>Thamnophilidae</b>		
34	<i>Dysithamnus mentalis</i> (Temminck, 1823)	choquinha-lisa; Plain Antvireo
35	<i>Herpsilochmus rufimarginatus</i> (Temminck, 1822)	chorozinho-de-asa-vermelha; Rufous-winged Antwren
36	<i>Thamnophilus caerulescens</i> Vieillot, 1816	choca-da-mata; Variable Antshrike
37	<i>Hypoedaleus guttatus</i> (Vieillot, 1816)	chocão-carijó; Spot-backed Antshrike
38	<i>Mackenziaena severa</i> (Lichtenstein, 1823)	borralhara; Tufted Antshrike
39	<i>Pyriglena leucoptera</i> (Vieillot, 1818)	papa-taoca-do-sul; White-shouldered Fire-eye
40	<i>Dryophila rubricollis</i> (Bertoni, 1901)	trovoada-de-bertoni; Bertoni's Antbird
<b>Conopophagidae</b>		
41	<i>Conopophaga lineata</i> (Wied, 1831)	chupa-dente; Rufous Gnatcatcher
<b>Rhinocryptidae</b>		
42	<i>Eleoscytalopus indigoticus</i> (Wied, 1831)	macuquinho; White-breasted Tapaculo
<b>Formicariidae</b>		
43	<i>Chamaeza campanisona</i> (Lichtenstein, 1823)	tovaca-campainha; Short-tailed Antthrush
<b>Dendrocolaptidae</b>		
44	<i>Dendrocincla turdina</i> (Lichtenstein, 1820)	arapaçu-liso; Plain-winged Woodcreeper
45	<i>Sittasomus griseicapillus</i> (Vieillot, 1818)	arapaçu-verde; Olivaceous Woodcreeper
46	<i>Xiphorhynchus fuscus</i> (Vieillot, 1818)	arapaçu-rajado; Lesser Woodcreeper
47	<i>Campylorhamphus falcularius</i> (Vieillot, 1822)	arapaçu-de-bico-torto; Black-billed Scythebill
48	<i>Dendrocolaptes platyrostris</i> Spix, 1825	arapaçu-grande; Planalto Woodcreeper
49	<i>Xiphocolaptes albicollis</i> (Vieillot, 1818)	arapaçu-de-garganta-branca; White-throated Woodcreeper
<b>Xenopidae</b>		
50	<i>Xenops rutilans</i> Temminck, 1821	bico-virado-carijó; Streaked Xenops
<b>Furnariidae</b>		
51	<i>Lochmias nematura</i> (Lichtenstein, 1823)	joão-porca; Sharp-tailed Streamcreeper

52	<i>Automolus leucophthalmus</i> (Wied, 1821)	barranqueiro-de-olho-branco; White-eyed Foliage-gleaner
53	<i>Anabacerthia lichtensteini</i> (Cabanis & Heine, 1859)	limpa-folha-ocráceo; Ochre-breasted Foliage-gleaner
54	<i>Philydor rufum</i> (Vieillot, 1818)	limpa-folha-de-testa-baia; Buff-fronted Foliage-gleaner
55	<i>Syndactyla rufosuperciliata</i> (Lafresnaye, 1832)	trepador-quiete; Buff-browed Foliage-gleaner
56	<i>Synallaxis ruficapilla</i> Vieillot, 1819	pichororé; Rufous-capped Spinetail
57	<i>Synallaxis cinerascens</i> Temminck, 1823	pi-puí; Gray-bellied Spinetail
58	<i>Cranioleuca obsoleta</i> (Reichenbach, 1853)	arredio-oliváceo; Olive Spinetail

---

**Pipridae**

59	<i>Chiroxiphia caudata</i> (Shaw & Nodder, 1793)	tangará; Swallow-tailed Manakin
----	--	---------------------------------

---

**Tityridae**

60	<i>Tityra cayana</i> (Linnaeus, 1766)	anambé-branco-de-rabo-preto; Black-tailed Tityra
61	<i>Pachyramphus castaneus</i> (Jardine & Selby, 1827)	caneleiro; Chestnut-crowned Becard
62	<i>Pachyramphus polychopterus</i> (Vieillot, 1818)	caneleiro-preto; White-winged Becard
63	<i>Pachyramphus validus</i> (Lichtenstein, 1823)	caneleiro-de-chapéu-preto; Crested Becard

---

**Platyrrinchidae**

64	<i>Platyrrinchus mystaceus</i> Vieillot, 1818	patinho; White-throated Spadebill
----	---	-----------------------------------

---

**Rhynchocyclidae**

65	<i>Leptopogon amaurocephalus</i> Tschudi, 1846	cabeçudo; Sepia-capped Flycatcher
66	<i>Corythopis delalandi</i> (Lesson, 1830)	estalador; Southern Antpipit
67	<i>Tolmomyias sulphurescens</i> (Spix, 1825)	bico-chato-de-orelha-preta; Yellow-olive Flycatcher
68	<i>Poecilotriccus plumbeiceps</i> (Lafresnaye, 1846)	tororó; Ochre-faced Tody-Flycatcher
69	<i>Myiornis auricularis</i> (Vieillot, 1818)	miudinho; Eared Pygmy-Tyrant
70	<i>Hemitriccus diops</i> (Temminck, 1822)	olho-falso; Drab-breasted Pygmy-Tyrant

---

**Tyrannidae**

71	<i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck, 1824)	risadinha; Southern Beardless-Tyrannulet
72	<i>Myiopagis caniceps</i> (Swainson, 1835)	guaracava-cinzenta; Gray Elaenia
73	<i>Myiopagis viridicata</i> (Vieillot, 1817)	guaracava-de-crista-alaranjada; Greenish Elaenia
74	<i>Capsiempis flaveola</i> (Lichtenstein, 1823)	marianinha-amarela; Yellow Tyrannulet
75	<i>Legatus leucophaeus</i> (Vieillot, 1818)	bem-te-vi-pirata; Piratic Flycatcher
76	<i>Myiarchus swainsoni</i> Cabanis & Heine, 1859	irré; Swainson's Flycatcher
77	<i>Myiarchus ferox</i> (Gmelin, 1789)	maria-cavaleira; Short-crested Flycatcher
78	<i>Sirystes sibilator</i> (Vieillot, 1818)	gritador; Sibilant Sirystes
79	<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	bem-te-vi; Great Kiskadee
80	<i>Myiodynastes maculatus</i> (Stadius Muller, 1776)	bem-te-vi-rajado; Streaked Flycatcher
81	<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)	neinei; Boat-billed Flycatcher
82	<i>Tyrannus melancholicus</i> Vieillot, 1819	suiriri; Tropical Kingbird
83	<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot, 1818)	peitica; Variegated Flycatcher
84	<i>Colonia colonus</i> (Vieillot, 1818)	viuvinha; Long-tailed Tyrant
85	<i>Lathrotriccus euleri</i> (Cabanis, 1868)	enferrujado; Euler's Flycatcher

---

**PASSERIFORMES**


---

**PASSERI**


---

**Vireonidae**

86	<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin, 1789)	pitiguari; Rufous-browed Peppershrike
----	--	---------------------------------------

---

**Turdidae**

87	<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot, 1818	sabiá-branco; Pale-breasted Thrush
88	<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot, 1818	sabiá-laranjeira; Rufous-bellied Thrush

89	<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850	sabiá-poca; Creamy-bellied Thrush
90	<i>Turdus subalaris</i> (Seebohm, 1887)	sabiá-ferreiro; Eastern Slaty Thrush
91	<i>Turdus albicollis</i> Vieillot, 1818	sabiá-coleira; White-necked Thrush
<b>Parulidae</b>		
92	<i>Setophaga pitiayumi</i> (Vieillot, 1817)	mariquita; Tropical Parula
93	<i>Basileuterus culicivorus</i> (Deppe, 1830)	pula-pula; Golden-crowned Warbler
94	<i>Myiothlypis leucoblephara</i> (Vieillot, 1817)	pula-pula-assobiador; White-browed Warbler
<b>Icteridae</b>		
95	<i>Cacicus haemorrhous</i> (Linnaeus, 1766)	guaxe; Red-rumped Cacique
<b>Thraupidae</b>		
96	<i>Pipraeidea melanonota</i> (Vieillot, 1819)	saíra-viúva; Fawn-breasted Tanager
97	<i>Cissopis leverianus</i> (Gmelin, 1788)	tietinga; Magpie Tanager
98	<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	sanhaço-cinzento ; Sayaca Tanager
99	<i>Conirostrum speciosum</i> (Temminck, 1824)	figuinha-de-rabo-castanho; Chestnut-vented
100	<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus, 1766)	saíra-de-papo-preto; Guira Tanager
101	<i>Trichothraupis melanops</i> (Vieillot, 1818)	tiê-de-topete; Black-goggled Tanager
102	<i>Tachyphonus coronatus</i> (Vieillot, 1822)	tiê-preto; Ruby-crowned Tanager
103	<i>Tersina viridis</i> (Illiger, 1811)	saí-andorinha; Swallow Tanager
104	<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus, 1766)	saí-azul; Blue Dacnis
105	<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye, 1837	trinca-ferro; Green-winged Saltator
106	<i>Saltator fuliginosus</i> (Daudin, 1800)	bico-de-pimenta; Black-throated Grosbeak
107	<i>Pyrrhocomma ruficeps</i> (Strickland, 1844)	cabecinha-castanha; Chestnut-headed Tanager
<b>Cardinalidae</b>		
108	<i>Habia rubica</i> (Vieillot, 1817)	tiê-de-bando; Red-crowned Ant-Tanager
<b>Fringillidae</b>		
109	<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus, 1766)	fim-fim; Purple-throated Euphonia
110	<i>Euphonia violacea</i> (Linnaeus, 1758)	gaturamo; Violaceous Euphonia