



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



**DIETA E SOBREPOSIÇÃO DE NICHOS DE AVES  
INSETÍVORAS DE SUB-BOSQUE NO SUDESTE  
DO BRASIL**

**ANA LUÍSA DE CARVALHO LIMA**

ORIENTADORA: DRA. CELINE DE MELO  
CO-ORIENTADOR: DR. MARCO ANTÔNIO MANHÃES

UBERLÂNDIA – MG

2017



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



**DIETA E SOBREPOSIÇÃO DE NICHOS DE AVES  
INSETÍVORAS DE SUB-BOSQUE NO SUDESTE  
DO BRASIL**

**ANA LUÍSA DE CARVALHO LIMA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como um dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

ORIENTADORA: DRA. CELINE DE MELO  
CO-ORIENTADOR: DR. MARCO ANTÔNIO MANHÃES

UBERLÂNDIA – MG

MAIO – 2017

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

---

L732d      Lima, Ana Luísa de Carvalho, 1980  
2017      Dieta e sobreposição de nicho de aves insetívoras de sub-bosque no  
             sudeste do Brasil [recurso eletrônico] / Ana Luísa de Carvalho Lima. -  
             2017.

Orientadora: Celine de Melo.

Coorientador: Marco Antônio Manhães.

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

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.1255>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Ecologia. 2. Nicho (Ecologia). 3. Ave - Alimento. 4. Dietas. I.  
Melo, Celine de, 1971. (Orient.) II. Manhães, Marco Antônio, 1961,  
(Coorient.) III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-  
Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. IV. Título.

---

CDU: 574

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

**ANA LUÍSA DE CARVALHO LIMA**

**TESE DE DOUTORADO**

**DIETA E SOBREPOSIÇÃO DE NICHOS DE AVES  
INSETÍVORAS DE SUB-BOSQUE NO SUDESTE  
DO BRASIL**

**APROVADA**

**BANCA EXAMINADORA**



**Prof. Dr. Neander Marcel Heming**  
Universidade de Brasília/UnB



**Prof. Dr. Paulo Antônio da Silva**  
Universidade do Oeste Paulista/UNOESTE



**Profa. Dra. Natália Oliveira Leiner**  
Universidade Federal de Uberlândia/UFU



**Profa. Dra. Solange Cristina Augusto**  
Universidade Federal de Uberlândia/UFU



**Profa. Dra. Celine de Melo**  
Universidade Federal de Uberlândia/UFU  
Orientadora e Presidente da Banca

*À melhor parte de mim,  
meus amores,  
Luís e Fabrício,  
filhote e esposo,  
dedico.*

## AGRADECIMENTOS

A realização de um trabalho ao longo de quatro anos não seria possível sem a participação e colaboração de muitos, tento aqui me lembrar de todos e traduzir em palavras tamanho agradecimento.

Aos meus orientadores...

À Celine, minha orientadora, por prontamente ter me aceitado sem questionamentos ou exigências, por ter acreditado e me feito acreditar, por sua disponibilidade e responsabilidade, representando-me junto a UFU durante todo esse período. Agradeço-lhe, principalmente, por que sendo mãe, abraçou como sua a minha maternidade e me deu ânimo para continuar.

Ao Manhães, meu “Co” e sempre orientador, meu amigo, meu pé no chão, meu severo, realista e mais querido crítico, lhe agradeço pela escolha e construção deste caminho, por se fazer sempre tão disponível, por ser excepcionalmente tolerante comigo, e acima de tudo, obrigada pelas cobranças, broncas e por se preocupar tanto em me fazer apresentar o melhor possível.

Aos meus amores...

Ao meu esposo Fabrício, sem o qual essa tese não existiria. Obrigada por ser muito mais do que um esposo pode ser, por ser incentivador, amigo, companheiro, pai, mãe, babá, equipe de campo: mateiro, carregador, motorista, estagiário, orientador.... Por, literalmente, ter parado sua vida profissional para dar andamento à minha. Por tolerar todas as crises e mudanças de humor que a minha “poli-polaridade” lhe trouxeram. Obrigada por concretizar comigo essa tese. Obrigada, acima de tudo, pelo nosso amor e por todos os seus frutos!

Ao meu pequeno e maravilhoso milagre, meu filhote, meu amor, minha vida, MEU LUÍS, por ter tomado meu tempo, por ter me feito sorrir, por me mostrar beleza em tudo quando era difícil enxergar.... Por tantas vezes fechar o computador e me fazer olhar pra você: “*dilisga, mamãe*”. Por me mostrar que nada vale à pena se não for feito para alguém. Saiba sempre que essa tese foi feita para e por você, amor da mamãe.

Aos familiares e amigos...

Aos meus pais pelo suporte enquanto estávamos no campo, pelas madrugadas que minha mãe deixou sua cama quentinha para se juntar ao meu pequeno, obrigada por todo auxílio durante essa árdua caminhada.

Aos meus irmãos e sobrinhos, pela presença e descontração quando era preciso recarregar as baterias, em especial ao Filipe, por ter cedido sua caminhonete, sem recomendações, cobranças ou pressa, para que eu pudesse iniciar minhas coletas!

À Tchu, que tão bem cuidou do meu filhote enquanto eu estive ausente.

Ao amigo Giancarlo, que apesar da breve convivência, se fez muito presente durante todo esse período, sendo extremamente solícito todas as vezes que dele precisei.

Aos proprietários da Fazenda Bom Jardim, Pascoalzinho e Silvana, por tão prontamente terem autorizado e disponibilizado a área, Mata dos Pêssegos, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Tião, grande amigo, que nos ajudou a georeferenciar a mata, por sua disponibilidade e preocupação conosco durante todo o período de execução do trabalho de campo.

Ao CEMAVE/ICMBio por conceder a autorização para captura e anilhamento das aves e pela cessão das anilhas.

À CAPES, pela concessão da bolsa, que viabilizou a execução deste projeto.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais (PPGECRN) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), bem como aos seus professores e funcionários, por contribuírem com minha formação.

Agradeço a Deus, pela fé que em mim existe, que me motiva e me traz paz!

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>Resumo Geral</b> .....  | 1  |
| Abstract .....   | 3  |
| <b>Introdução Geral</b> .....  | 4  |
| Objetivo .....   | 6  |
| <b>Área de Estudo</b> .....  | 7  |
| <b>Amostragem das Aves</b> .....   | 9  |
| <b>Referências Bibliográficas</b> .....  | 10 |
| <b>Capítulo I. Selective predation by the White-browed Warbler (<i>Myiothlypis leucoblephara</i>), a Neotropical understorey insectivorous bird.....</b>                   | 14 |
| Abstract .....   | 16 |
| Introduction.....  | 17 |
| Materials and Methods .....  | 19 |
| Results .....  | 23 |
| Discussion.....  | 25 |
| References.....  | 30 |
| <b>Capítulo II - Relações de nicho alimentar entre quatro espécies de aves insetívoras de folhagem no sub-bosque de um fragmento florestal no sul de Minas Gerais.....</b> | 41 |
| Resumo .....   | 42 |
| Abstract .....   | 43 |
| Introdução .....   | 44 |
| Material e Métodos .....   | 46 |
| Resultados .....   | 49 |
| Discussão .....  | 56 |
| Referências bibliográficas.....  | 60 |
| <b>Capítulo III - Sobreposição de nicho alimentar entre três espécies de aves insetívoras de chão em um fragmento florestal no sul de Minas Gerais, Brasil.....</b>        | 67 |
| Resumo .....   | 68 |
| Abstract .....   | 69 |
| Introdução .....   | 70 |
| Material e Métodos .....   | 72 |
| Resultados .....   | 75 |

|   |     |
|---|-----|
| Discussão .....   | 82  |
| Referências bibliográficas.....   | 88  |
| <b>Capítulo IV</b> - Sobreposição de nicho trófico entre duas espécies de arapaçus,<br><i>Sittasomus griseicapillus</i> e <i>Xiphorhynchus fuscus</i> , em um fragmento de floresta<br>tropical, sudeste do Brasil..... | 96  |
| Resumo .....  | 97  |
| Abstract .....  | 98  |
| Introdução .....  | 99  |
| Material e Métodos .....  | 101 |
| Resultados.....   | 103 |
| Discussão .....   | 110 |
| Referências bibliográficas.....   | 115 |
| <b>Anexo I:</b> Página de Rosto referente à Publicação do Capítulo I.....   | 122 |

# DIETA E SOBREPOSIÇÃO DE NICHOS DE AVES INSETÍVORAS DE SUB-BOSQUE NO SUDESTE DO BRASIL

## RESUMO GERAL

Investigou-se a dieta e as relações de nicho alimentar entre aves insetívoras de sub-bosque, em diferentes micro-habitats, com base nos dados da sua dieta (amostras fecais), morfologia (massa corporal e comprimento do bico) e disponibilidade dos recursos que elas exploram em uma área florestal no sudeste do Brasil. Com relação à dieta, investigou-se a preferência alimentar de *M. leucoblephara* para táxons e tamanhos de presas (Capítulo I – publicado na revista *Studies on Neotropical Fauna and Environment*). Os estudos de sobreposição de nicho ocorreram dentro de três diferentes grupos, conforme a exploração de micro-habitats, insetívoros de folhagem (IF), insetívoros de chão (IC) e insetívoros de tronco (IT), sendo incluídas nas análises somente as espécies cujo número de amostras fecais foi  $\geq 10$ . Para os estudos das relações de nicho entre espécies insetívoras de folhagem, foram investigadas quatro espécies, *Basileuterus culicivorus*, *Dysithamnus mentalis*, *Hemitriccus diops* e *Platyrrhynchus mystaceus* (Capítulo II). Para os insetívoros de chão, *Conopophaga lineata*, *Myiothlypis leucoblephara* e *Pyriglena leucoptera* (Capítulo III) e para os insetívoros de tronco, duas espécies de arapaçus, *Sittasomus griseicapillus* e *Xiphorhynchus fuscus* (Capítulo IV). O estudo foi realizado entre os anos de 2013 e 2016 em um fragmento de floresta estacional semidecidual, na Fazenda Bom Jardim, município de São Vicente de Minas, sul de Minas Gerais. Foram estabelecidas cinco linhas amostrais e as aves foram capturadas com redes ornitológicas (10 em cada linha), sendo os invertebrados coletados no chão (serrapilheira) e na folhagem (“branch-clipping”). Foram realizadas 3000 h/r, totalizando 714 capturas de 586 indivíduos componentes de 48 espécies, sendo 27 espécies insetívoras. A composição da dieta em termos de táxons não foi suficiente para definir padrões de segregação de nicho dentro dos grupos investigados, posto que houve alta sobreposição de nicho e nenhuma diferenciação das amplitudes de nicho entre as espécies de cada micro-habitat. O consumo diferencial de presas com relação a tamanho é apontado aqui como um dos fatores responsáveis por mediar a coexistência de espécies entre os IF, todavia, esse mesmo padrão não foi observado entre o IT, cujas diferenças morfológicas não influenciaram o tamanho dos invertebrados consumidos. Os IC, por sua vez, apresentaram uma relação positiva entre os dados de massa corporal e tamanho de suas presas, onde aves maiores consumiram também os maiores invertebrados. Embora os

resultados tenham apontado segregação de nicho alimentar, com relação à tamanho de presas, entre *M. leucoblephara* e as outras duas espécies de IC, não houve segregação de nicho entre *C. lineata* e *P. leucoptera*, espécies mais próximas morfologicamente. Conforme os resultados deste estudo, a composição da dieta, em termos de táxons, não foi capaz de definir padrões de segregação de nicho dentro dos grupos de aves insetívoras aqui estudados, o que parece ser melhor explicado pelo consumo diferencial do tamanho de presas. Não obstante, o estudo sugere que a associação das informações aqui obtidas a dados comportamentais das aves, especialmente aqueles relacionados à exploração diferencial no espaço-tempo, pode fornecer uma melhor compreensão das relações de nicho trófico estabelecidas entre essas espécies dentro de cada micro-habitat.

Palavras-chave: aves insetívoras, sobreposição de nicho, dieta, preferência alimentar, Mata Atlântica.

## DIET AND NICHE OVERLAP OF UNDERSTOREY INSECTIVOROUS BIRDS IN SOUTHEASTERN BRAZIL

### ABSTRACT

The diet and feeding niche relationships of understorey insectivorous birds was investigated in different microhabitats, based on their diet (faecal samples), morphology (body mass and beak length), and availability of resources in a forest remnant in Southeastern Brazil. The niche overlap survey were made in three different groups, according to the exploration of microhabitats, foliage insectivores (IF), ground insectivores (IC) and trunk insectivores (IT). The fecal number samples was  $\geq 10$ . The niche relationships studies of foliage-gleaning insectivores birds included four species, *Basileuterus culicivorus*, *Dysithamnus mentalis*, *Hemitriccus diops* and *Platyrinchus mystaceus* (Chapter I). For trunk insectivores, two woodcreeper species, *Sittasomus griseicapillus* and *Xiphorhynchus fuscus* (Chapter II) and for ground insectivores, *Conopophaga lineata*, *Myiothlypis leucoblephara* and *Pyriglena leucoptera* (Chapter IV). The feeding preference of *M. leucoblephara* was also investigated for taxa and prey sizes (Chapter III). The study was carried between 2013 and 2016 in a semideciduous seasonal forest fragment at Bom Jardim Farm, in the municipality of São Vicente de Minas, Southern Minas Gerais. Five sample lines were established and the birds were captured with ornithological networks (10 in each line). The invertebrates was collected on the ground (litter) and in the foliage (branch-clipping), both along the sample lines. Were carried out 3000 h / r, totaling 714 catches of 586 component individuals of 48 species, of which 27 were insectivorous species. The diet composition, by taxa, was not enough to define niche segregation patterns in the groups investigated. There was high niche overlap and no differentiation of niche amplitudes among species at each microhabitat. The differential prey consumption with respect to size is pointed here as one of the factors responsible for mediating the coexistence of species among the IF. However, same pattern was not observed among IT, whose morphological differences did not influence the invertebrates size consumed. On the other hand, CIs presented a positive relationship between body mass and prey size data, where larger birds also consumed the largest invertebrates. Although the results indicated food niche segregation in relation to prey size between *M. leucoblephara* and the other two species of CI, there was no niche segregation between *C. lineata* and *P. leucoptera*, morphologically close species. According to the results, the diet composition, by taxa, was not enough to define niche segregation patterns among the insectivorous birds surveyed here. Instead of, differential consumption of prey size seems explain better the results. Nevertheless, the present survey suggests that information obtained here together to the birds behavioral data, especially those concerned to differential exploration in space-time, can provide a better understanding of the relationships of trophic niche established between these species at each microhabitat.

**Key words:** insectivorous birds, niche overlap, diet, food preference, Atlantic Rain Forest.

## INTRODUÇÃO GERAL

A dieta dos organismos reflete importantes aspectos de sua biologia, se mostrando uma ferramenta fundamental na compreensão de uma gama de questões comportamentais, ecológicas e conservacionistas (Durães & Marini, 2005), exercendo grande influência desde as dinâmicas de populações até os padrões de forrageamento e ocupação dos diferentes nichos, sobretudo associações de habitat e relações de competição (Horne & Bader, 1990; Burger *et al.*, 1999). Apesar dos esforços de alguns estudiosos em avaliar as relações entre os recursos alimentares e as dinâmicas das populações e comunidades de aves em regiões temperadas e tropicais (Poulin & Lefbvre 1996; Burger *et al.* 1999), poucos são aqueles que investigam a resposta de aves insetívoras à disponibilidade desses recursos em ambientes florestais (Raley & Anderson 1990; Poulin *et al.* 1994), permanecendo, ainda hoje, pobremente documentados muitos aspectos de sua dieta.

A abundância de aves insetívoras, bem como sua riqueza e padrões de sobreposição/partição de nicho, tem sido relacionada à abundância de invertebrados nos diferentes habitats (Horne & Bader, 1990; Rosenberg, 1993; Motta-Júnior, 2006). A especialização dessas aves em um item alimentar conduz a adaptações morfológicas, especialmente relacionadas ao tamanho e formato do bico, e comportamentais, que visam a otimizar a exploração do recurso através de diferentes estratégias e sítios de forrageamento (Bierregaard, 1988; Moermond, 1990; Stiles, 1995; Naranjo & Ulloa, 1997). Além disso, alguns estudos têm destacado o importante papel do tamanho corporal na dinâmica de nicho entre espécies com alto grau de similaridade ecológica e morfológica (Churchfield *et al.*, 1999; Motta-Júnior, 2006).

A ocupação diferencial de nichos ecológicos é um dos principais fatores que possibilita a coexistência de espécies, além disso, a dieta, juntamente com o habitat e atividade temporal, é determinante nas ocupações de nicho (Pianka, 1973, Schoener, 1974). Estudos recentes de sobreposição, em regiões Neotropicais, revelam que a exploração de diferentes tipos de recursos, mesmo em pequena escala espacial, tem mediado a coexistência de espécies, ainda que estas apresentem competição por interferência ou interações interespecíficas reduzidas (Bergallo e Rocha, 1994; Martínez, 2004; Vieira & Porto, 2006; Castro-Arellano & Larcher, 2009; Manhães *et al.*, 2015).

A redução e fragmentação de florestas tropicais nas últimas décadas têm afetado negativamente as comunidades de aves, particularmente os insetívoros de sub-bosque que

são mais sensíveis e apresentam, dentre aves de florestas tropicais, maior dependência dos ambientes de mata, devido a seu alto grau de especialização na ocupação de habitats e técnicas de forrageio, além de serem mais sedentárias e necessitarem de territórios maiores do que as aves de florestas temperadas (Willis 1974; Stouffer & Bierregaard 1995). São ainda as que mais encontram dificuldades em se dispersar e recolonizar novos locais, o que tem levado ao desaparecimento de espécies insetívoras de sub-bosque em fragmentos isolados (Willis 1974; Sekercioglu *et al.* 2002).

Entretanto, a despeito da importância que pesquisas com ecologia trófica realizadas nesses fragmentos de floresta possam exercer na implementação de práticas conservacionistas (Burger *et al.* 1999), estudos com aves insetívoras relacionando dados de sua dieta à disponibilidade dos recursos alimentares são ainda bastante escassos (Chesser 1995; Holmes & Robinson 1988; Mestre *et al.* 2010; Manhães & Dias 2011, Lima *et al.* 2011) e, na sua maioria, se concentram em análises descritivas, restritas à identificação e quantificação dos itens alimentares (Ralph *et al.* 1985; Rougès & Blake 2001).

O estudo dos padrões ecológicos de espécies de aves que vivem no interior de florestas tropicais apresenta uma série de dificuldades, tendo em vista a complexidade da estrutura e densidade da vegetação e a natureza críptica da maioria das espécies que vivem nesses ambientes (Poulin *et al.* 1994). Por outro lado, análises diretas por meio de amostras fecais, estomacais ou regurgitos permitem melhor caracterização da dieta quando comparadas a dados de observação, principalmente quando os itens alimentares são artrópodes (Marini & Cavalcanti 1993), fornecendo, dessa forma, informações importantes acerca de sua biologia e de suas relações ecológicas.

Os aspectos acima relacionados levam a crer que apesar dos avanços na área de ecologia trófica, estudos relacionando aspectos comportamentais e morfológicos de aves e itens alimentares de sua dieta permanecem ainda fragmentados. Além disso, pesquisas dessa natureza em áreas em bom estado de conservação se fazem necessárias para a implementação de programas de manejo e conservação.

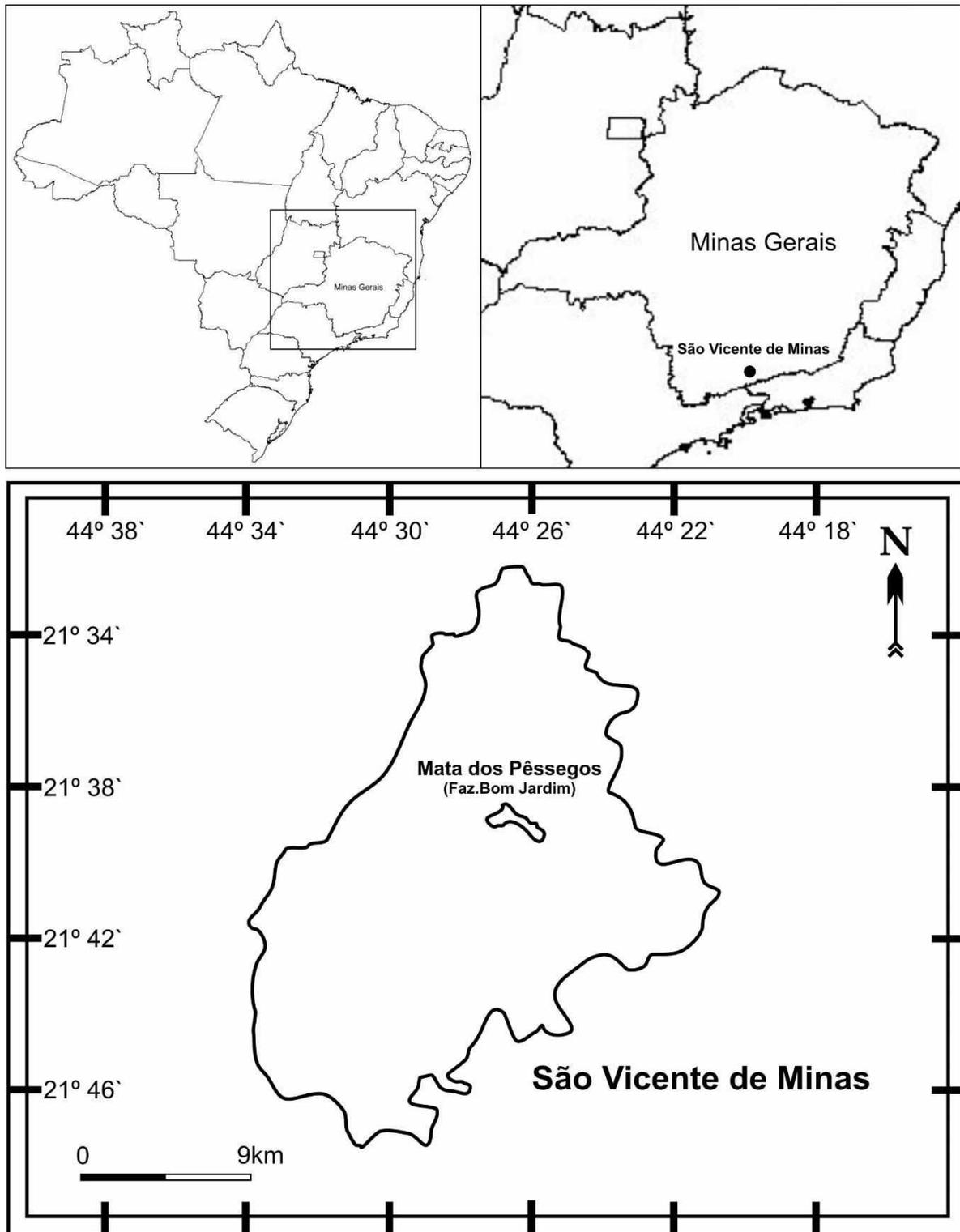
## **OBJETIVO**

Esta tese está subdividida em capítulos, com objetivos específicos, no entanto, de maneira geral, o presente estudo objetivou investigar a dieta e as relações de nicho trófico entre aves insetívoras de sub-bosque, em diferentes substratos (solo, folhagem e tronco), com base em dados da sua dieta, morfologia e disponibilidade de recursos, em uma floresta tropical no sudeste do Brasil, afim de se responder as seguintes questões:

- 1) A coexistência de aves insetívoras de sub-bosque é mediada pelo consumo diferencial de presas?**
- 2) O nicho trófico entre essas espécies está diretamente relacionado às respectivas massas corporais e/ou morfologia dos seus bicos?**
- 3) A composição da dieta de aves insetívoras do sub-bosque reflete a disponibilidade dos recursos alimentares?**

## ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Mata dos Pêssegos, reserva legal da Fazenda Bom Jardim, município de São Vicente de Minas, Sul de Minas, MG, situada entre as coordenadas 21°38'28.06"S e 44°28'16.23"W. A altitude local varia entre 960 m e 1300 m. A região possui clima Cwb Tropical de Altitude, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por invernos secos e verões chuvosos, com temperatura média anual em torno de 20 °C e índice pluviométrico de aproximadamente 1400 mm/ano (ALMG, 2013). A reserva ocupa uma área de cerca de 200 ha e encontra-se localizada na estrada que liga o município de São Vicente de Minas, MG ao município de Carrancas, MG. Trata-se de um remanescente em bom estado de conservação com formação florestal caracterizada por floresta estacional semidecidual (Veloso *et al.*, 1991), que se estende além do limite legal da Fazenda, constituindo uma área contínua de cerca de 400 ha (Figura 1).

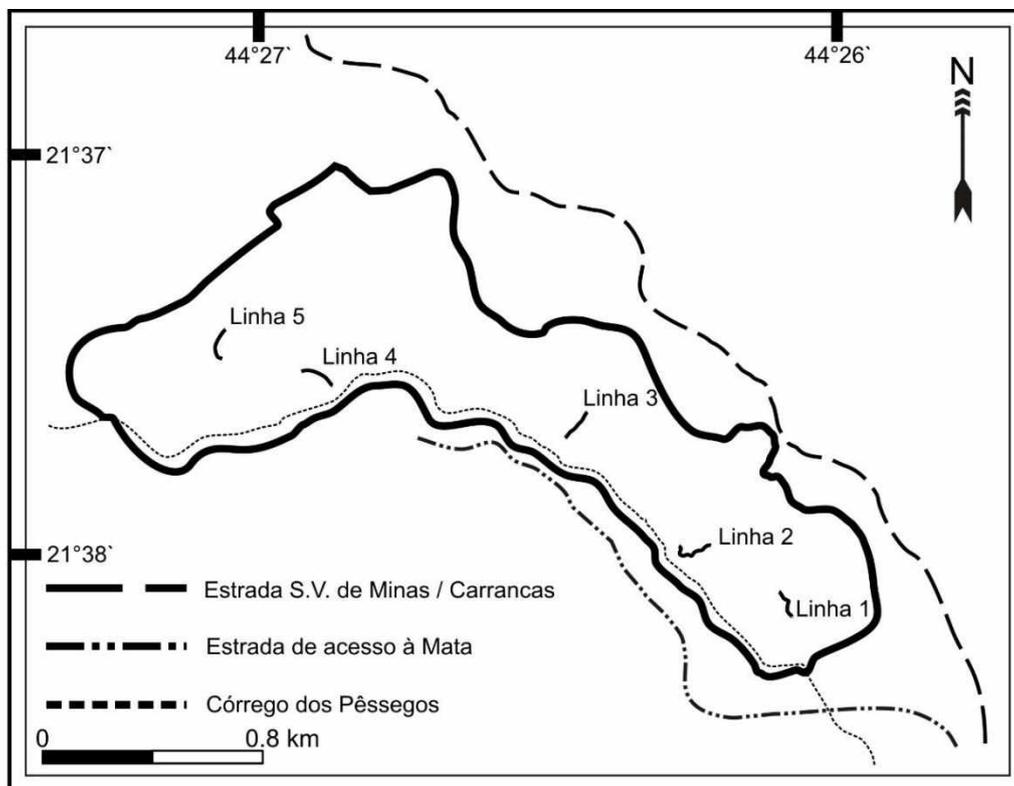


**Figura 1.** Localização da área de estudo. Mata dos Pêssegos (200 ha), Fazenda Bom Jardim, município de São Vicente de Minas – MG.

## AMOSTRAGEM DAS AVES

Abaixo são apresentadas as técnicas de amostragem adotadas de forma padronizada em todos os capítulos.

Foram previamente estabelecidas cinco linhas amostrais (Figura 2). Em cada uma dessas linhas, foram instaladas ao nível do solo, 10 (dez) redes-de-neblina de 12 x 3 m e malha 38 mm. As amostragens foram realizadas entre novembro de 2013 e junho de 2016. Foram efetuadas três amostragens em cada linha, sendo que, para cada amostragem, realizou-se capturas durante dois dias consecutivos, tendo início ao amanhecer, entre 6:00 h e 6:30 h, permanecendo as redes abertas dez horas por dia, aproximadamente, totalizando um esforço amostral de 3.000 horas-rede (600 horas-rede em cada linha de rede). Foram estabelecidos intervalos de aproximadamente 30 min. para o monitoramento das redes. As aves capturadas foram classificadas seguindo a nomenclatura da American Ornithologists' Union (Remsen *et al.* 2016). Os espécimes foram anilhados com anilhas metálicas numeradas cedidas e autorizadas pelo CEMAVE – IBAMA (anilhador sênior: Ana Luísa de Carvalho Lima; nº de registro: 773134; nº da autorização: 40661) e em seguida foram liberadas próximas aos locais de captura.



**Figura 2.** Linhas de rede na área de trabalho: Mata dos Pêssegos, Fazenda Bom Jardim, mostrando a distribuição das cinco linhas de rede.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMG (ASSEMBLEIA DE MINAS). 2013. (Em < [http://www.almg.gov.br/consulte/info\\_sobre\\_minas/index.html?aba=js\\_tabMunicipios&sltMuni=653](http://www.almg.gov.br/consulte/info_sobre_minas/index.html?aba=js_tabMunicipios&sltMuni=653)>. Acesso em: 17 de agosto de 2013).
- BERGALLO, H.G. & ROCHA, F.D. 1994. Spatial and trophic niche differentiation in two sympatric lizards (*Tropidurus torquatus* and *Cnemidophorus ocellifer*) with different foraging tactics. *Australian Journal of Ecology*. 19(1): 72-75.
- BIERREGAARD JR, R.O. 1988. Morphological data from understory birds in terra firme forest in the central Amazonian Basin. *Revista Brasileira de Biologia*. 48(2): 169-178.
- BURGER, J.C.; PATTEN, M.A.; ROTENBERRY, J.T. & REDAK, R.A. 1999. Foraging ecology of the California gnatcatcher deduced from fecal samples. *Oecologia*. 120: 304-310.
- CASTRO-ARELLANO, I. & LACHER JUNIOR, T. E., 2009. Temporal niche segregation in two rodent assemblages of subtropical Mexico. *Journal of Tropical Ecology*. 25(6): 593-603.
- CHESSER, R. T. 1995. Comparative diets of obligate ant-following birds at a site in northern Bolivia. *Biotropica*. 27(3): 382-390.
- CHURCHFIELD, S.; NESTERENKO, V. A. & SHVARTS, E. A. 1999. Food niche overlap and ecological separation amongst six species of coexisting forest shrews (Insectivora: Soricidae) in the Russian Far East. *Journal of Zoology*. 248: 349-359.
- DURÃES, R. & MARINI M.A. 2005. A quantitative assessment of bird diets in the Brazilian Atlantic forest, with recommendations for future diet studies. *Ornitologia Neotropical*. 16: 65-83.

- HOLMES, R. T. & ROBINSON, S.K. 1988. Spatial patterns, foraging tactics, and diets of ground-foraging birds in a Northern Hardwoods Forest. *The Wilson Bulletin*. 100(3): 377-394.
- HORNE, B.V. & BADER A. 1990. Diet of nestling winter wrens in relationship to food availability. *The Condor*. 92: 413-420.
- LIMA, A.L.C.; MANHÃES, M.A. & PIRATELLI, A.J. 2011. Ecologia trófica de *Conopophaga lineata* (Conopophagidae) em uma área de mata secundária no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*. 19(3): 315-322.
- MANHÃES, M. A. & DIAS, M. M. 2011. Spatial dynamics of understory insectivorous birds and arthropods in a southeastern Brazilian Atlantic woodlot. *Brazilian Journal of Biology*. 47(1): 1-7.
- \_\_\_\_\_ ; DIAS, M. M. & LIMA, A. L. C. 2015. Feeding resource partitioning between two understory insectivorous birds in a fragment of Neotropical cloud forest. *Brazilian Journal of Biology*. 75 (4):176-183.
- MARINI, M. A. & CAVALCANTI, R. B. 1993. Habitat and foraging substrate use of three *Basileuterus* warblers from central Brazil. *Ornitologia Neotropical*. 4(2): 69-76.
- MARTINEZ, C. 2004. Food and niche overlap of the scarlet ibis and the yellow-crowned night heron in a tropical mangrove swamp. *Waterbirds*. 27(1): 1-8.
- MESTRE, L.A.M.; COHN-HALF, M. & DIAS, M.M. 2010. Diet and prey availability of terrestrial insectivorous birds prone to extinction in Amazonian Forest fragments. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 53(6): 1371-1381.
- MOERMOND, T. C. 1990. A functional approach to foraging: morphology, behavior and the capacity to exploit p. *Studies in Avian Biology*. 13: 427-430.

- MOTTA-JÚNIOR, J. C. 2006. Relações tróficas entre cinco Strigiformes simpátricas na região central do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*. 14(4): 359-377.
- NARANJO, L. G. & ULLOA, P. C. 1997. Diversidad de insectos y aves insectívoras de sotobosque em habitats perturbados de selva lluvosa tropical. *Caldasia*. 19(3): 507-520.
- PIANKA, E.R. 1973. The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 4: 53-74.
- POULIN, B.; LEFEBVRE, G. & MCNEIL, R. 1994. Characteristics of feeding guilds and variation in diets of bird species of three adjacent tropical sites. *Biotropica*. 26(2):187-197.
- \_\_\_\_\_ & LEFEBVRE, G. 1996. Dietary relationships of migrant and resident birds from a humid forest in Central Panama. *The Auk*. 113(2): 277-287.
- RALEY, C. M. & ANDERSON, S. H. 1990. Availability and use of arthropod food resources by Wilson's Warblers and Lincoln's Sparrows in southeastern Wyoming. *The Condor* 92: 141-150.
- RALPH, C. P.; NAGATA, S. E. & RALPH, C. J. 1985. Analysis of droppings to describe diets of small birds. *Journal of Field Ornithology* 56(2): 165-174.
- REMSEN, J. V. JR.; CADENA, C.D., JARAMILLO, A.; NORES, M.; PACHECO, J.F.; PÉREZ-EMÁN, J.; ROBBINS, M.B., STILES, F.G.; STOTZ, D.F. & ZIMMER, K.J. VERSÃO 2016. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union: <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>.
- ROSENBERG, K.V. 1993. Diet selection in Amazonian antwrens: consequences of substrate specialization. *The Auk*. 110(2): 361-375.

- ROUGÈS, M. & BLAKE, J.G. 2001. Tasas de captura y dietas de aves del sotobosque en el parque biológico sierra de san javier, Tucumán. *Hornero*. 16(1): 7-15.
- SCHOENER, T.W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science*. 185 (4145) 27-39.
- SEKERCIOGLU, C.H.; DAILY, G.C.; AYGEN, D.; GOEHRING, D. & SANDI, R.F. 2002. Disappearance of insectivorous birds from tropical forest fragments. *Ecology*. 99(1): 263-267.
- STILES, F.G. 1995. Behavioral, ecological and morphological correlates of foraging for arthropods by hummingbirds of a Tropical Wet Forest. *The Condor*. 97:853-878.
- STOUFFER, P.C. & BIERREGAARD JR, R.O. 1995. Use of Amazonian forest fragments by understory insectivorous birds. *Ecology*. 76(8): 2429-2445.
- VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.
- VIEIRA, E.M. & PORT, D., 2006. Niche overlap and resource partitioning between two sympatric fox species in southern Brazil. *Journal of Zoology*. 272 (1): 57-63.
- WILLIS, E.O. 1974. Populations and local extinctions of birds on Barro Colorado Island, Panamá. *Ornithological Monographs*. 44: 153-169.

## **CAPÍTULO I**

**Selective predation by the White-browed Warbler (*Myiothlypis leucoblephara*), a Neotropical understorey insectivorous bird**

**ARTIGO PUBLICADO ONLINE, EM 22 DE JUNHO DE 2020, NA REVISTA:  
STUDIES ON NEOTROPICAL FAUNA AND ENVIRONMENT  
DOI: 10.1080/01650521.2020.1776954**

## **CAPÍTULO I**

### **Selective predation by the White-browed Warbler (*Myiothlypis leucoblephara*), a Neotropical understory insectivorous bird**

**Ana Luísa de Carvalho Lima<sup>a</sup>, Marco Antônio Manhães<sup>b</sup> and Celine Melo<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brazil; <sup>b</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Comportamento e Biologia Animal, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brazil.

Author for correspondence: Ana Luísa de Carvalho Lima [analuisabio@yahoo.com.br](mailto:analuisabio@yahoo.com.br)

## Abstract

The diet composition and feeding preference of *Myiothlypis leucoblephara* (White-browed Warbler, Parulidae) were investigated in an area of the Atlantic Forest, Brazil, based on faecal samples and availability of field arthropods. Hymenoptera Formicidae and Coleoptera were the predominant taxa in the diet, corresponding to more than 70% of all items. *Myiothlypis leucoblephara* presented preference for prey types, mainly Hymenoptera Formicidae and Coleoptera ( $\lambda = 0.123$ ,  $p = 0.01$ ), which are the proportionally more consumed taxa when compared to other types of prey. The species also showed preference for prey sizes, with arthropods of the size classes between 2 mm-6 mm being proportionally more consumed ( $\lambda = 0.214$ ,  $p = 0.001$ ). Although it forages predominantly on the ground, *M. leucoblephara* also preys on arthropods regularly on the foliage, which allows expanding the range of substrates exploited as well as obtaining different types of prey, probably favouring the differential consumption. On the other hand, the preference for intermediate size prey suggests foraging optimisation, consuming feeding items with high energy-intake rate in relation to costs of predation, but whether the preference results from active selection by the birds or simply by the difficulty of finding less abundant items needs to be investigated.

Keywords: Atlantic forest, foraging ecology, *Myiothlypis leucoblephara*, selective predation, understory bird.

## **Introduction**

In general, forest fragmented areas have a large number of generalist birds due to the impoverishment of resources in these fragments, leading to population decline and local extinction of very demanding bird species (Stratford & Stouffer 1999). Thus, the understorey avifauna of tropical forests is composed mainly of insectivorous birds (Develey & Peres 2000) that search for food in different microhabitats, such as litter, trunks and foliage. In Brazil, the Atlantic Forest has a large number of such bird species (Aleixo 1999), although the limitation of dispersal may lead to differences in the composition of insectivorous species among fragments (Sekercioglu et al. 2002).

Despite the predominance, even in the understorey of the smallest forest remnants, the study of the biology of small and common generalist birds has been neglected; possibly, because they have small conservationist appeal (Sekercioglu 2002). However, the information that can be obtained from the ecology of such birds can contribute substantially to the understanding of several ecological issues, such as the optimal foraging theory, trophic cascades and niche relationships.

In relation to the trophic ecology of Neotropical birds, studies with birds of prey have revealed that the predator/prey relationship can be mediated by various factors, such as species of prey, seasonality of prey abundance or its behaviour, as well as their size and age, invoked as determinants for the differential consumption of a given feeding resource by the predator (Granzinolli & Motta Jr. 2006; Arruda Bueno & Motta Jr. 2008). On a physically smaller scale of predation, some forest dwelling small insectivorous passerines feed on a wide range of different types of arthropods, but the way they exploit these food resources reveals cases of differential consumption of prey taxa or sizes, possibly due to the substrate, the behaviour of the different types of prey or the energetic requirement (Rosenberg 1993; Manhães & Dias 2008; Lima &

Manhães 2009). This suggests that many birds exhibit selectivity on their prey more than would be expected for generalist birds with large diet breadth. However, considering the great number of small forest insectivores, the knowledge of the relationships between these birds and arthropods is still very underrated. In general, the studies on the ecology of insectivorous birds in Neotropical forests are restricted to diet description (e.g. Poulin et al., 1994; Durães & Marini 2005; Chatellenaz 2008; Manhães et al. 2010) and do not focus on more detailed aspects of the predator/prey relationship.

Among the common bird species of Neotropical forests, *Myiothlypis leucoblephara* (White-browed Warbler) (Vieillot 1817) is an insectivore occurring mainly in the Atlantic Rainforest, despite not being endemic to this Biome (Vale et al. 2018). It inhabits the lower understorey forest strata and forages regularly on the litter, where it also nests (Belton 1994; Sick 1997; Mendonça-Lima et al. 2004; Pacheco et al. 2008).

The objective of this work is to describe the diet of *M. leucoblephara* in an area of the Atlantic Forest in southeastern Brazil and to investigate the consumption in relation to taxonomic groups and/or size of prey, based on faecal samples and arthropods collected in the environment. We base our analysis on the null hypothesis that *M. leucoblephara* is not a selective predator, consuming its prey due to its availability in the environment.

## **Materials and Methods**

### ***Study area***

The study was carried out in Mata dos Pêssegos, a legal reserve of Bom Jardim Farm, municipality of São Vicente de Minas, southern Minas Gerais, located between the coordinates 21°38'28.06"S and 44°28'16.23" W. The altitude varies between 960 m and 1300 m. The region has a Cwb climate, according to the Köppen classification (Peel et al. 2007), characterised by dry winters and rainy summers, with an annual average temperature around 20.7 °C and a rainfall of approximately 1200 mm/year (Prefeitura Municipal de São Vicente de Minas, 2018). The reserve has an area of about 200 ha and is part of a continuous remnant of 400 ha. This is a forest remnant characterised as seasonal semideciduous montane forest (Veloso et al. 1991).

### ***Bird sampling***

The birds were caught with mist nets (12 m x 3 m, 38 mm mesh) installed at ground level during a banding program in the locality. Five sampling net lines were previously established, with distances between two net lines varying from 297 m (lines 3 and 4) to 2,080 m (lines 1 and 5). Each of these lines was sampled by 10 mist nets. Samplings were carried out in November 2013, July to September 2015 and April to July 2016. Three samplings were performed in each line, when captures were carried out for two consecutive days by sampling period, beginning at dawn, between 6:00 a.m. and 6:30 a.m., with the nets remaining open for approximately 10 hours a day, totalling a sampling effort of 3,000 net-hours (600 net-hours in each sampling line). Approximately 30 minute intervals were established for net monitoring. The birds were banded with numbered metal rings supplied by CEMAVE – IBAMA (Centro Nacional

de Pesquisa para a Conservação das Aves Silvestres / Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) and then released near the capture lines.

### ***Arthropods sampling***

*Litter arthropods:* Samples of litter were collected in 0.36 m<sup>2</sup> (0.60 m x 0.60 m) plots, in a way similar to that proposed by Burke & Nol (1998). Within each plot, the entire litter was collected manually with leather gloves to avoid accidents. The collected samples were transferred to plastic bags, identified and sealed. Eight litter samples were collected along each net line, and the right and left sides were sampled alternately at each visit to the sampling lines. The samples were collected at a distance of 3 to 5 m perpendicular to the centre of nets two through nine. The collected material was held in a freezer for at least 24 hours prior to the triage, which was done manually in plastic trays (30 cm x 50 cm) by mean of visual inspection and collecting with tweezers during 45 minutes per litter sample. The captured arthropods were held in identified vials containing 70% alcohol.

*Foliage arthropods:* In order to collect foliage arthropods, a branch-clipping method was used, which consisted of pruning branches of trees or shrubs into collection bags (Cooper & Whitmore 1990). Eight plastic bags (40 cm x 60 cm) were used in each net line, and the samplings were carried out at an average height of 1.5 m and a distance of 2 to 5 m perpendicular to nets two through nine. Each sampling was carried out on one side of the net line, as in the litter arthropod samplings. The branches were carefully placed within the plastic bag in order to avoid the escape of winged insects and later pruned. After pruning, through an opening in the mouth of the bag small enough to introduce one hand, the branches and twigs were vigorously shaken while still inside the bags, so that the arthropods were released from the vegetation, which was discarded.

The bags were then held in a freezer for at least 24 hours for subsequent sorting and packaging of the arthropods in vials containing 70% alcohol.

Arthropod samplings were carried out soon after the mist net samplings to avoid disturbances that would flush away birds during netting periods. The arthropods collected on both substrates, litter and foliage, were later analysed in the laboratory under a stereoscopic microscope, counted, measured and identified to the lowest possible taxonomic level according to the literature (Triplehorn & Johnson 2011).

### ***Diet analysis***

*Types of prey:* The diet was analysed based on faecal samples. Although faecal contents are less effective than analyses of stomach contents and use of emetics due to more fragmented sediments, it has the advantage of being a non-invasive method (Ralph et al. 1985; Carlisle & Holberton 2006) and may accurately reflect the ingested items (Davies 1977). To obtain the faecal samples, the birds were kept in cloth bags (20 cm x 30 cm) for about 20 to 30 minutes. Samples were stored in vials containing 70% alcohol. In the laboratory, the samples were diluted in boiling water to remove uric acid and organic matter adhered to the prey fragments (Ralph et al. 1985) and filtered on paper. After drying, the material was analysed under a stereoscopic microscope (10 x 40), and the prey was identified to the lowest possible taxonomic level (order and family) according to Triplehorn & Johnson (2011). The structures found in the samples were compared to those of the arthropods collected in the field to facilitate the identification. The Hymenoptera were divided into Formicidae and non-Formicidae and the Hemiptera Heteroptera and non-Heteroptera, which allowed us to obtain more taxonomic categories. Fragments of larvae of holometabolous insects were grouped in a single category, 'insect larvae', and fragments not identified or not related to the other taxa

found in that sample (types of different structures, colours and sizes) were considered ‘indeterminate individuals’ (Burger et al. 1999). The fragments were also identified with the aid of guides published by several authors (Ralph et al. 1985; Moreby 1987; Burger et al. 1999; Gomes et al. 2001; Manhães et al. 2010).

*Prey size:* The total length of the consumed prey was obtained from the sizes of the identified fragments found in the faecal samples (measured on paper in millimetres under stereoscopic microscope), applied in linear regression equations for the most numerous taxonomic groups (order or family) and most common in the diet (Manhães & Dias 2008; Lima et al. 2011; Souza 2017). To obtain the equations, the body length of the arthropods collected in the field was related to the length or width of some of their structures (e.g., head width, wing length or jaw) using a digital calliper (0.01 mm accuracy) (Lima et al. 2011). From these data, the linear regression equations for the total arthropod length of the diet were calculated as follows:  $y = a + b * x$ , where  $y$  is the body length and  $x$  is the length or width of the structure. In order to individualise and count the prey in each sample, the colour, size, shape and number of even structures, such as jaws and wings, or odd structures, such as heads, were considered (Durães & Marini 2005).

*Feeding preference:* To determine the feeding preference for prey types and sizes, Compositional Analysis was performed using the AdehabitatHS package for R (Calenge 2006) to determine whether feeding resources preferences differed from random ( $P > 0,05$ ) after 1000 randomizations. Being a multivariate technique, compositional analysis provides a single test for the comparison and avoids the need for Bonferroni adjustment of probabilities required by multiple testing (Poulsen & Aebischer 1995) and also generate the order of preferences among the categories used, ranging from 0 (least consumed item) to number of resources-1 (most consumed item) (Aebischer et al.

1993). The analysis corresponds to model III of resource use (Manly 2002), where the predators are individualised and the availability of the resource is measured for each of them. In other words, it represents the third-order selection on Johnson's scale (Johnson 1980). The analyses were performed based on different arthropod groups found in the diet and in the field, and for the following arthropods size classes: > 0.0–2.0 mm; > 2.0–4.0 mm; > 4.0–6.0 mm; > 6.0–8.0 mm and > 8.0 mm. Only individuals whose faecal samples totalled at least seven identified feeding items were considered in food preferences for groups of arthropods, while for size classes, at least five items measured were considered, excluding those arthropods rare in the diet as well as oothecae and insect eggs. Recaptured individuals had the faecal samples summed up, and the same was done for arthropod availability (taxa and size classes) related to the same days in which the captures occurred, generating for each individual their respective availability. Thus, the minimum values of items in the diet were obtained for some individuals with more than one sample but with small numbers of prey identified per sample. Litter and foliage arthropods were summed up for availability.

## **Results**

In 107 captures of 71 individuals, 84 faecal samples were collected, of which 75 contained identifiable material. We found 542 food items in the samples, all arthropods, of which 99.1% (N = 537) were identified (Table 1). The most representative groups in the diet were Hymenoptera Formicidae, Coleoptera, Araneae and Hymenoptera non-Formicidae, comprising about 85% among the 14 groups of prey. Araneae, Hymenoptera Formicidae, Coleoptera and insect larvae were the most abundant groups in the field, reaching more than 65% of the arthropods (Table 1). Another 18 categories of arthropods unrecorded in the diet were collected in the field, but all with low representativeness, each one reaching no more than 1.0% of the arthropods collected,

except for cocoons of holometabolous insects ('pupae'), which represented 1.8 % of available items (Table 1). [Table 1 near here]

The most frequent arthropod size classes found in faecal samples were: > 2.0–4.0 mm and > 4.0–6.0 mm, while arthropods > 0.0–2.0 mm constituted the less frequent class (Table 2), both for the samples used in the feeding preference analyses and for the total samples. For the arthropods collected in the field, the highest frequencies were for > 2.0–4.0 mm and > 4.0–6.0 mm, while arthropods in the > 6.0–8.0mm class were the less frequent (Table 2). The coefficients of determination of the linear regressions ranged from 0.55 (insect larvae) to 0.96 (Coleoptera) (Table 3). [Table 2 near here] [Table 3 near here]

There were differences in the proportions of prey consumption both in relation to arthropod groups ( $\lambda = 0.123$ ,  $p = 0.001$ ) and size ( $\lambda = 0.214$ ,  $p = 0.001$ ). The taxa proportionally most consumed were Hymenoptera Formicidae and Coleoptera, whereas insect larvae and Hemiptera non-Heteroptera were proportionally the taxa with the lowest ranks (Table 4). There was also preference regarding prey size, where arthropods of the classes > 2.0–4.0 mm and > 4.0–6.0 mm were the most consumed compared to other size classes. Small prey, belonging to the class > 0.0–2.0 mm were proportionally the least consumed (Table 4). The ratio of consumption / availability of arthropods by size classes was not uniform across the most important taxa. Some groups were larger in the field, while others were in the diet (Figure 1). [Table 4 near here] [Figure 1 near here]

## Discussion

*M. leucoblephara* consumed predominantly arthropod groups characterised as the most common in the tropical rainforest (Poulin & Lefebvre 1997; Johnson 2000; Manhães & Dias 2008; Lima et al. 2011). Hymenoptera Formicidae was the most consumed item and also the most abundant taxon in the litter samples, possibly by foraging primarily on the forest ground (Mendonça-Lima et al. 2004). Although they produce formic acid as an unpalatable substance to predators (Blum, 1981), many species of birds prey upon ants (Poulin & Lefebvre 1997; Durães & Marini 2005; Lopes et al. 2005), although in different proportions. Formicidae, in general, constitute the most abundant group of insects found in the litter (Vasconcelos et al. 2009; Sayer et al. 2010) and, therefore, unpalatability may be a factor outweighed by its abundance as well as by social behaviour when they can be found clumped and consumed in large quantities. In addition, the ease of locating common prey in the environment can generate a predator search image, increasing the search efficiency and consumption rate of such prey to a certain limit (Begon et al. 2007). Coleoptera was the second most consumed item and can be explained, at least in part, also by its great abundance in both the litter and foliage, although they do not present, in general, gregarious habits. Despite the higher frequencies of foraging on the ground, *M. leucoblephara* searches for arthropods also in the foliage (Mendonça-Lima et al. 2004), increasing the chance to prey upon Coleoptera.

Hymenoptera non-Formicidae (HNF) occupied the seventh rank in the feeding preference of *M. leucoblephara*. Manhães & Dias (2008), studying the food preference of *Dysithamnus mentalis*, attributed the relative low abundance of HNF to the branch clipping methodology, due to the ease of HNF escaping under any foliage disturbance. However, they have also suggested that the bird movements itself can cause similar

disturbances in the vegetation and may not be an exclusively methodological issue. Nevertheless, these arthropods were rare in the litter in the studied area and represented little more than 1% of all arthropods and only 16.8% of the HNF collected in this substrate. For this reason, this group of arthropods can be considered an item with low availability for *M. leucoblephara*.

Although Orthoptera represented only 3.1% of arthropods in the diet, they were proportionally more consumed than the Blattodea, which had similar representativeness in the diet (3.1%). The Orthoptera escape behaviour is well studied and these insects present a system of mechanoreceptive hairs in the cerci highly sensitive to air oscillations, which may have been developed in response to aerial predators (Dangles et al. 2006; Lagos 2017). On the other hand, conspicuity may be another important factor in observed resource use patterns. During the samplings of litter arthropods, it was common to readily observe the displacement of several Orthoptera, while several Blattodea are cursorial arthropods that hide under the foliage (Bell et al. 2007). The presence of these insects in soil samples was observed almost always only after careful screening of the material in the laboratory. Thus, in spite of the agility in escape exhibited by the Orthoptera, hiding in the foliage can be an efficient tactic for the Blattodea to flee from predators, since they presented abundance far greater than the Orthoptera in the litter. But the possibility of bias in the low abundance and low availability for *M. leucoblephara* of Orthoptera in the field during collection should not be discarded, since the disturbance of the collector in the environment, both in the foliage and the litter, may have stimulated the immediate escape of some Orthoptera.

Araneae, although they were found mainly in foliage (74% of individuals) where *M. leucoblephara* forages less frequently (Mendonça-Lima et al. 2004), were also common in litter and represented the most abundant arthropod group. Among the soft-

bodied taxa, Araneae presented a rank higher than insect larvae. Major (1990) suggests that the differentiated digestibility of soft body taxa by birds may hinder their detection in faecal samples and, although both groups of prey have hard structures, such as chelicerae (Araneae) and mandibles (both), easily identified in faeces. It is common to find Araneae legs in bird faecal samples. The absence of this structure in some insect larvae may underestimate their consumption by the bird in relation to the Araneae and the consumption of soft body arthropods in relation to hard body ones, such as Formicidae and Coleoptera. However, it should also be taken into account that very abundant items, such as Araneae and insect larvae, can be consumed in smaller proportions than expected, because the predator can satisfy its nutritional requirements by consuming only a small fraction of superabundant prey (Johnson 1980).

Isoptera was one of the proportionally less consumed taxa. According to other studies investigating the diet of Atlantic Forest birds, termites do not seem to be a common item in the diet of *M. leucoblephara*, since there were no previous records of these arthropods among the consumed items (Lopes et al. 2005; Manhães et al. 2015). Although they are colonial insects, like ants, most species of termites are subterranean or inhabit rotting trunks on which they feed, being more commonly observed during the periods of flocks (McGavin 2000). In addition, Mendonça-Lima et al. (2004), investigating the behaviour and foraging substrates used by *M. leucoblephara*, reported that although it forages mainly on the ground, it is rarely observed by exploiting fallen trunks, which can lead to the small number of these arthropods in the diet. Isoptera, Hemiptera and Hemiptera non-Heteroptera were consumed in much smaller proportions than expected in most comparisons, occupying low ranks in the analysis of food preference. In the case of these arthropods, their low consumption may be related to the

production of unpalatable metabolites common in this Order, which make them poorly targeted prey (Blum 1981).

In general, *M. leucoblephara* presented a diverse diet in relation to the types of prey consumed. Although it is predominantly a ground foraging species, the fact that *M. leucoblephara* also forages in the foliage seems to contribute to the diversity of items found in the diet, whose composition was associated with both arthropods common in the litter and foliage.

*M. leucoblephara* also showed food preference for arthropods between 2 and 6 mm, whereas arthropods of the lower (> 0.0–2.0) and greater (> 8.0) classes were proportionally less consumed. Similarly, Lima & Manhães (2009) investigating the feeding habits of *Basileuterus culicivorus*, previously congeneric with *M. leucoblephara*, found that the species consumed proportionally more prey of intermediate size, between 4 and 6 mm. Arthropods of very small size may not be profitable energetically for some bird species, while larger arthropods may require excessively long handling times, although prey sizes that require long times may vary even among small passerines (Davies 1977; Raley & Anderson 1990; Rosenberg 1993). Thus, intermediate sizes may be the most advantageous items in terms of foraging optimisation. In addition, in high proportions of predator/prey biomass, predation may be limited by the escape efficiency and use of small refuges by prey (Brose et al. 2008), and even small birds, such as *M. leucoblephara*, may have difficulty capturing very small arthropods. However, arthropods of the intermediate-sized classes were also the most abundant in the field, and the higher consumption rates of these preys may simply be due to the ease of the birds finding and capturing them.

Several factors may contribute to the differential consumption of a particular arthropod group or size class by a bird, but the identification of a main factor is difficult

due to the absence of observation on the behaviour of birds as well as its prey. In spite of some successful observations of understorey bird behaviour (e.g. Alves & Duarte 1996; Leme 2001; Mendonça-Lima et al. 2004), this is usually a difficult task to achieve inside rainforest environments, as well as the habits of the arthropod prey of these birds are described in a superficial and general way within the taxa (Orders or Families). However, detection of differential consumption shows that there is still much to be discovered about how these birds exploit their food items, and they also represent an open issue to investigate and test hypotheses about foraging theory.

### **Geolocation information**

21°38' 37"S, 44°27'06"

### **Acknowledgments**

We are grateful to Pascoalzinho and Silvana, the owners of Fazenda Bom Jardim, for authorizing the research in their area. We also thank Dr Fabrício Moreira Ferreira for field support. The Centro Nacional de Pesquisa para a Conservação das Aves Silvestres / Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (CEMAVE/IBAMA) supplied the bands and banding license. Ana Luísa is grateful to CAPES for PhD scholarship.

### **Disclosure statement**

No potential conflict of interest was reported by the authors.

### **ORCID**

Marco Antônio Manhães  
<https://orcid.org/0000-0002-1495-9808>

## References

- Aebischer NJ, Robertson PA, Kenward RE. 1993. Compositional analysis of habitat use from animal radio-tracking data. *Ecology*. 74:1313-1325.
- Aleixo A. 1999. Effects of selective logging on a bird community in the Brazilian Atlantic Forest. *Condor*. 101:537-548.
- Alves MA, Duarte M. 2013. Foraging tactics of *Conopophaga melanops* (Passeriformes: Formicariidae) in the Atlantic Forest of Ilha Grande, State of Rio de Janeiro. *Ararajuba-Rev Bras Ornitol*. 4:110-112.
- Arruda Bueno A, Motta-Junior JC. 2008. Small mammal prey selection by two owl species in southeastern Brazil. *J Raptor Res*. 42:248-255.
- Begon M, Townsend CR, Harper JL. 2006. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. Oxford (UK): Blackwell Publishing Ltd.
- Bell W J, Roth LM, Nalepa CA. 2007. *Cockroaches: Ecology, Behavior, and Natural History*. Baltimore (MD): The Johns Hopkins University Press.
- Belton W. 1994. *Aves Silvestres do Rio Grande do Sul: Distribuição e Biologia*. São Leopoldo (BR): Ed. Unisinos.
- Blum MS. 1981. *Chemical Defenses of Arthropods*. New York (USA): Academic Press.
- Brose U, Ehnes RB, Rall BC, Vucic-Pestic O, Berlow EL, Scheu S. 2008. Foraging theory predicts predator-prey energy fluxes. *J Anim Ecol*. 77:1072-1078.
- Burger JC, Patten MA, Rotenberry JT, Redak RA. 1999. Foraging ecology of the California gnatcatcher deduced from fecal samples. *Oecologia*. 120:304-310.
- Burke DG, Nol E. 1998. Influence of food abundance, nest-site habitat, and forest fragmentation on breeding Ovenbirds. *Auk*. 115:96- 104.
- Calenge C. 2006. The package “adehabitat” for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecol Modell*. 197:516-519.

- Carlisle, JD, Holberton, RL. 2006. Relative efficiency of fecal versus regurgitated samples for assessing diet and deleterious effects of a tartar emetic on migratory birds. *J F Ornithol.* 77:126–175.
- Chatellenaz ML. 2008. Ecología alimentaria de dos especies simpátricas del género *Basileuterus* en el Noreste de Argentina. *Hornero.* 23:87-93.
- Cooper RJ, Whitmore RC. 1990. Arthropod sampling methods in ornithology. *Stud Avian Biol.* 13:29-37.
- Dangles O, Ory N, Steinmann T, Christides, JP, Casas J. 2006. Spider's attack versus cricket's escape: velocity modes determine success. *J Raptor Res.* 72:603-610.
- Davies NB. 1977. Prey selection and the search strategy of the spotted flycatcher (*Muscicapa striata*): a field study on optimal foraging. *Anim Behav.* 25:1016-1033.
- Develey, PF, Peres CA. 2000. Resource seasonality and the structure of mixed species bird flocks in a coastal Atlantic forest of southeastern Brazil. *J Trop Ecol.* 16:33-53.
- Durães R, Marini MA. 2005. A quantitative assessment of bird diets in the Brazilian Atlantic forest, with recommendations for future diet studies. *Ornitol Neotrop.* 16:65–83.
- Gomes VSM, Alves VS, Ribeiro JRI. 2001. Itens alimentares encontrados em amostras de regurgitação de *Pyriglena leucoptera* (Vieillot) (Aves, Thamnophilidae) em uma floresta secundária no estado do Rio de Janeiro. *Rev Bras Zool.* 18:1073–1079.
- Granzinoli MAM, Motta-Júnior JC. 2006. Small mammal selection by the White-tailed Hawk in southeastern Brazil. *W J Ornithol.* 118:91-98.
- Johnson DH. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology.* 61:65-71.
- Johnson MD. 2000. Evaluation of an arthropod sampling technique for measuring food availability for forest insectivorous birds. *J F Ornithol.* 71:88–109.

- Lagos PA. 2017. A review of escape behaviour in orthopterans. *J Zool.* 303:165-177.
- Leme A. 2001. Foraging patterns and resource use in four sympatric species of antwrens. *J F Ornithol.* 72:221-227.
- Lima ALC., Manhães MA. 2009. Hábitos alimentares de *Basileuterus culicivorus* (Aves: Parulidae) em uma área de Mata Atlântica secundária, sudeste do Brasil. *Biota Neotrop.* 9:137-143.
- Lima ALC, Manhães MA, Piratelli AJ. 2011. Ecologia trófica de *Conopophaga lineata* (Conopophagidae) em uma área de mata secundária no sudeste do Brasil. *Rev Bras Ornit.* 19:315-322.
- Lopes LE, Fernandes AM, Marini MA. 2005. Diet of some Atlantic Forest birds. Ararajuba-Rev Bras Ornit. 13:95-103.
- Major RE. 1990. Stomach flushing of an insectivorous bird an assessment of differential digestibility of prey and the risk to birds. *Aust Wild Res.* 17:647–657.
- Manhães MA, Dias MM. 2008. Diet and feeding preference of the Plain Antwren (*Dysithamnus mentalis*) in an area of Brazilian Atlantic Forest. *Ornitol Neotrop.* 19:417-426.
- Manhães MA, Loures-Ribeiro A, Dias MM. 2010. Diet of understory birds in two Atlantic Forest areas of southeast Brazil. *J Nat Hist.* 44:469-489.
- Manhães MA, Dias MM, Lima ALC. 2015. Feeding resource partitioning between two understory insectivorous birds in a fragment of Neotropical cloud forest. *B J Biol.* 75:176-183.
- Manly BF, McDonald LL, Thomas DL, McDonald TL, Erickson WP. 2002. Resource Selection by Animals: Statistical Analysis for Field Studies. Kluwer: Boston (USA).
- McGavin GC. 2000. Insects, Spiders and other Terrestrial Arthropods. London (UK): Dorling Kindersley Ltd.

- Mendonça-Lima A, Sandra M, Hartz SM, Kindel A. 2004. Foraging behavior of the white-browed (*Basileuterus leucoblepharus*) and the Golden-crowned (*B. Culicivorus*) Warblers in a semideciduous Forest in southern Brazil. *Ornitol Neotrop.* 15:5-15.
- Moreby SJ. 1987. An aid to identification of arthropod fragments in the faeces of gamebird chicks (Galliformes). *Ibis.* 130:519-526.
- Pacheco JF, Parrini R, Lopes LE, Vasconcelos MF. 2008. A avifauna do Parque Estadual do Ibitipoca e áreas adjacentes, Minas Gerais, Brasil, com uma revisão crítica dos registros prévios e comentários sobre biogeografia e conservação. *Cotinga.* 30:16-32.
- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol Earth Syst Sci.* 11:1633-1644.
- Poulin B, Lefebvre G, Mcneil R. 1994. Characteristics of feeding guilds and variation in diets of bird species of three adjacent tropical sites. *Biotropica.* 26:187-197.
- Poulin B, Lefebvre G. 1997. Estimation of arthropods available to birds: effect of trapping technique, prey distribution, and bird diet. *J F Ornithol.* 68:426–442.
- Poulsen JG, Aebischer NJ. 1995. Quantitative comparison of two methods of assessing diet of nestling Skylarks (*Alauda arvensis*). *Auk.* 112:1070-1073.
- Prefeitura Municipal de São Vicente de Minas (2018). Available at <http://www.saovicentedeminas.mg.gov.br/pagina/3721/S%C3%A3o%20Vicente%20de%20Minas>
- Raley CM, Anderson SH. 1990. Availability and use of arthropod food resources by Wilson's Warblers and Lincoln's Sparrows in southeastern Wyoming. *Condor.* 92:141-150.
- Ralph CP, Nagata SE, Ralph CJ. 1985. Analysis of droppings to describe diets of small birds. *J F Ornithol.* 56:165-174.

- Rosenberg KV. 1993. Diet selection in Amazonian antwrens: consequences of substrate specialization. *Auk*. 110:361-375.
- Sayer EJ, Sutcliffe LM, Ross RI, Tanner EV. 2010. Arthropod abundance and diversity in a lowland tropical forest floor in Panama: the role of habitat space vs. nutrient concentrations. *Biotropica*. 42:194-200.
- Sekercioglu CH. 2002. Forest fragmentation hits insectivorous birds hard. *Dir Sci*. 1:62–64.
- Sekercioglu CH, Daily GC, Aygen D, Goehring D, Sandi RF. 2002. Disappearance of insectivorous birds from tropical forest fragments. *Ecology*. 99:263-267.
- Sick H. 1997. *Ornitologia Brasileira: uma Introdução*. Rio de Janeiro (BR): Nova Fronteira.
- Souza LM. 2017. *Ecologia Trófica de *Conopophaga lineata* (Wied, 1831) e *Conopophaga melanops* (Vieillot, 1818) (Aves: Conopophagidae): aspectos das relações de nicho e seleção de presa*. Master Thesis, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brazil.
- Stratford JA, Stouffer PC. 1999. Local extinctions of terrestrial insectivorous birds in a fragmented landscape near Manaus, Brazil. *Conserv Biol*. 13:1416-1423.
- Triplehorn CA, Johnson, NF. 2011. *Estudo dos insetos*. São Paulo (BR): Cengage Learning.
- Vasconcelos HL, Pacheco R, Silva RC, Vasconcelos PB, Lopes CT, Costa AN, Bruna EM. 2009. Dynamics of the leaf-litter arthropod fauna following fire in a Neotropical woodland savanna. *PlosOne*. 4: e7762.
- Vale MM, Tourinho L, Lorini ML, Rajão H, Figueiredo MSL. 2018. Endemic birds of the Atlantic Forest: traits, conservation status, and patterns of biodiversity. *J F Ornithol*. 89:193-206.

Veloso HP, Rangel-Filho, ALR, Lima JCA. 1991. Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal. Rio de Janeiro (BR): Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

**Table 1.** Frequency and percentage of arthropods found in the diet of *Myiothlypis leucoblephara* and in the field samples (foliage and litter). FT: frequency of items in all samples; FA: frequency of the most common items in the samples used for food preference analyses; N: number of samples. \*Faecal samples refers to 23 individuals considered in the analyses of prey selection; see methodology.

| Feeding item                         | Diet         |            |               |            | Litter        |            |              |            | Foliage       |            |              |            | Total         |            |               |            |
|--------------------------------------|--------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|--------------|------------|---------------|------------|--------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
|                                      | FT<br>(n=75) | %          | FA*<br>(n=40) | %          | FT<br>(n=120) | %          | FA<br>(n=96) | %          | FT<br>(n=120) | %          | FA<br>(n=96) | %          | FT<br>(n=240) | %          | FA<br>(n=192) | %          |
| Orthoptera                           | 17           | 3.1        | 13            | 3.1        | 9             | 0.8        | 6            | 0.6        | 30            | 2.2        | 21           | 2.2        | 39            | 1.5        | 27            | 1.4        |
| Blattodea                            | 14           | 2.6        | 14            | 3.3        | 146           | 12.2       | 113          | 12.1       | 27            | 1.9        | 18           | 1.9        | 173           | 6.7        | 131           | 6.9        |
| Isoptera                             | 9            | 1.7        | 8             | 1.9        | 78            | 6.5        | 75           | 8.0        | 2             | 0.1        | 1            | 0.1        | 80            | 3.1        | 76            | 4.0        |
| Mantodea                             | 2            | 0.4        |               |            |               |            |              |            | 5             | 0.4        |              |            | 5             | 0.2        |               |            |
| Hemiptera Heteroptera                | 9            | 1.7        | 6             | 1.4        | 5             | 0.4        | 5            | 0.5        | 128           | 9.2        | 97           | 10.0       | 133           | 5.1        | 102           | 5.4        |
| Hemiptera non-heteroptera            | 5            | 0.9        | 3             | 0.7        | 5             | 0.4        | 4            | 0.4        | 112           | 8.1        | 97           | 10.0       | 117           | 4.5        | 101           | 5.3        |
| Coleoptera                           | 107          | 19.7       | 66            | 15.5       | 88            | 7.4        | 75           | 8.0        | 181           | 13.0       | 148          | 15.3       | 269           | 10.4       | 223           | 11.7       |
| Hymenoptera non-Formicidae           | 38           | 7.0        | 29            | 6.8        | 16            | 1.3        | 11           | 1.2        | 79            | 5.7        | 57           | 5.9        | 95            | 3.7        | 68            | 3.6        |
| Hymenoptera Formicidae               | 274          | 50.6       | 254           | 59.8       | 364           | 30.5       | 341          | 36.6       | 127           | 9.1        | 91           | 9.4        | 491           | 19.0       | 432           | 22.7       |
| Araneae                              | 45           | 8.3        | 24            | 5.6        | 167           | 14.0       | 142          | 15.2       | 476           | 34.2       | 341          | 35.3       | 643           | 24.9       | 483           | 25.4       |
| Insect eggs                          | 4            | 0.7        |               |            |               |            |              |            |               |            |              |            |               |            |               |            |
| Insect larvae                        | 12           | 2.2        | 8             | 1.9        | 166           | 13.9       | 160          | 17.2       | 136           | 9.8        | 96           | 9.9        | 302           | 11.7       | 256           | 13.5       |
| Ooteca                               | 1            | 0.2        |               |            |               |            |              |            |               |            |              |            |               |            |               |            |
| Undetermined                         | 5            | 0.9        |               |            | 5             | 0.4        |              |            | 6             | 0.4        |              |            | 11            | 0.4        |               |            |
| Arthropods unrecorded in the diet ** |              |            |               |            | 145           | 12.1       |              |            | 83            | 6.1        |              |            | 228           | 8.8        |               |            |
| <b>Total</b>                         | <b>542</b>   | <b>100</b> | <b>425</b>    | <b>100</b> | <b>1194</b>   | <b>100</b> | <b>932</b>   | <b>100</b> | <b>1392</b>   | <b>100</b> | <b>967</b>   | <b>100</b> | <b>2586</b>   | <b>100</b> | <b>1899</b>   | <b>100</b> |

\*\* Phasmatodea (1 individual collected; 0.4%) Dermaptera (16; 7.0%), Neuroptera (13; 5.7%), Diptera (17; 7.5%), Lepidoptera (6; 2.6%), Acari (6; 2.6%), Nymph (25; 11.0%), Pupae (47; 20.6%), Tick (1; 0.4%), Chilopoda (1; 0.4%), Collembola (36; 15.8%), Diplopoda (9; 4.0%), Diplura (2; 0.9%), Isopoda (11; 4.8%), Opiliones (6; 2.6%), Pseudoscorpiones (7; 3.1%), Psocoptera (1; 0.4%). Included Mollusca (non-Arthropod) (23; 10.1%).

**Table 2.** Frequency and percentage of prey size classes in the diet of *Myiothlypis leucoblephara* and collected in the field samples (foliage and litter) in a fragment of Atlantic Forest, southeastern Brazil. FT: frequency of items in all samples; FA: frequency of arthropod size classes in the samples used for feeding preference analyses; n: number of samples.\*Faecal samples refers to 23 individuals considered in the analyses of prey selection; see methodology.

| Size class<br>(mm) | Diet         |      |               |      | Litter        |      |               |      | Foliage       |      |               |      | Total         |      |               |      |
|--------------------|--------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|
|                    | FT<br>(n=60) | %    | FA*<br>(n=44) | %    | FT<br>(n=128) | %    | FA<br>(n=120) | %    | FT<br>(n=128) | %    | FA<br>(n=120) | %    | FT<br>(n=256) | %    | FA<br>(n=240) | %    |
| > 0.0 – 2.0        | 10           | 2.2  | 10            | 2.4  | 162           | 13.6 | 160           | 13.7 | 227           | 16.3 | 223           | 17.0 | 389           | 15.0 | 383           | 15.4 |
| > 2.0 – 4.0        | 191          | 42.7 | 173           | 42.3 | 466           | 39.0 | 459           | 39.3 | 553           | 39.7 | 523           | 39.9 | 1019          | 39.4 | 982           | 39.6 |
| > 4.0 – 6.0        | 165          | 36.9 | 154           | 37.7 | 185           | 15.5 | 181           | 15.5 | 305           | 21.9 | 279           | 21.3 | 490           | 18.9 | 460           | 18.6 |
| > 6.0 – 8.0        | 47           | 10.5 | 43            | 10.5 | 135           | 11.3 | 129           | 11.0 | 119           | 8.5  | 111           | 8.5  | 254           | 9.8  | 240           | 9.7  |
| > 8.0              | 34           | 7.6  | 29            | 7.1  | 246           | 20.6 | 240           | 20.5 | 188           | 13.5 | 174           | 13.3 | 434           | 16.8 | 414           | 16.7 |
| Total              | 447          | 100  | 409           | 100  | 1194          | 100  | 1169          | 100  | 1392          | 100  | 1310          | 100  | 2586          | 100  | 2479          | 100  |

**Table 3.** Linear regression equations obtained from arthropods collected in the field and applied to the arthropod fragments found in the diet of *Myiothlypis leucoblephara*.

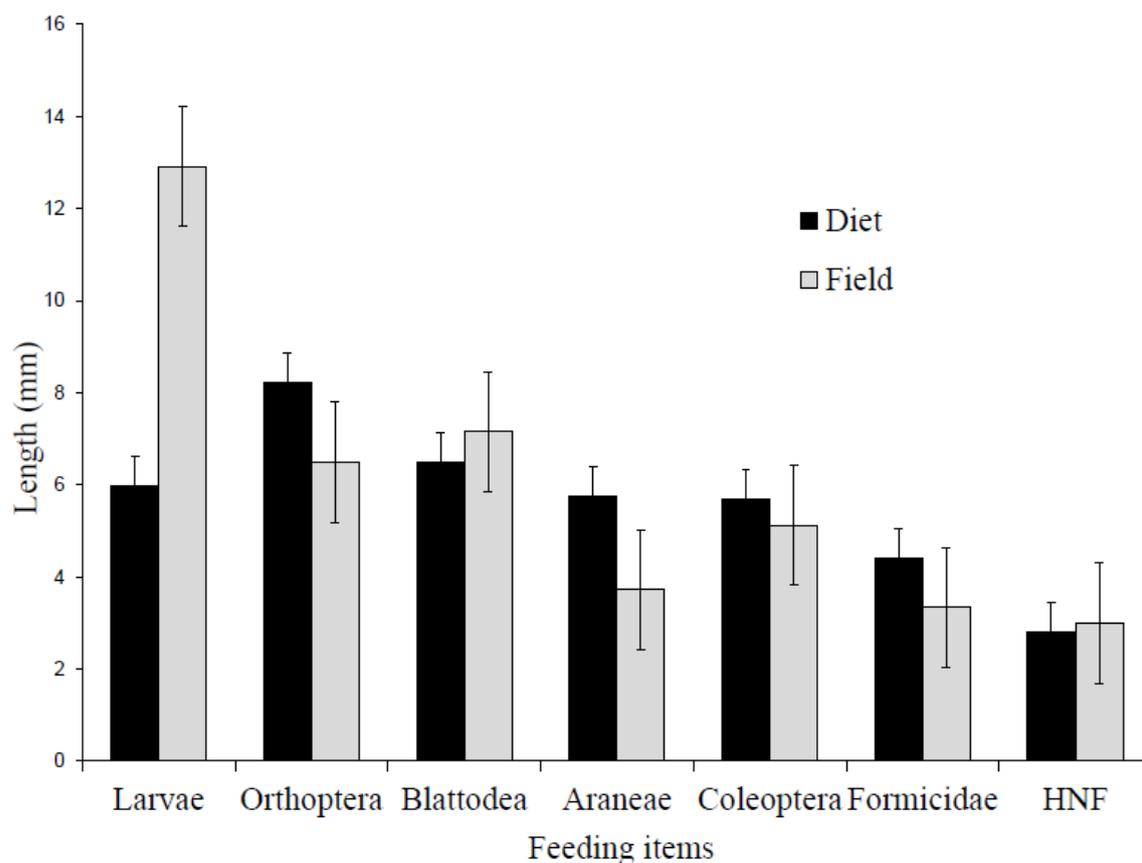
| Arthropods                 | Linear models*                      | r <sup>2</sup> | N  | Range of measurements (mm) |
|----------------------------|-------------------------------------|----------------|----|----------------------------|
| Orthoptera                 | <sup>1</sup> BL = -2.3563 + 5.581HW | 0.86           | 40 | 2.10 – 21.22               |
|                            | <sup>1</sup> BL = 1.922 + 8.182ML   | 0.85           | 43 | 2.10 – 21.22               |
| Blattodea                  | <sup>2</sup> BL = 0.30 + 8.83ML     | 0.82           | 21 | 1.62 – 5.59                |
| Hemiptera Heteroptera      | <sup>3</sup> BL = 3.507 + 1.380SL   | 0.75           | 13 | 2.80 – 13.90               |
| Coleoptera                 | <sup>1</sup> BL = 1.513 + 2.308HW   | 0.59           | 28 | 0.62 – 10.30               |
|                            | <sup>1</sup> BL = 1.536 + 3.217HW   | 0.77           | 43 | 2.10 – 12.82               |
|                            | <sup>4</sup> BL = 10.254 + 0.483ML  | 0.76           | 18 | 3.50 – 17.00               |
| Curculionidae              | <sup>1</sup> BL = 0.722 + 1.419EL   | 0.86           | 42 | 2.10 – 12.82               |
|                            | <sup>3</sup> BL = -0.015 + 5.47HW   | 0.96           | 19 | 2.90 – 12.60               |
| Hymenoptera Formicidae     | <sup>1</sup> BL = -0.117 + 4.998HW  | 0.94           | 56 | 1.27 – 14.97               |
|                            | <sup>1</sup> BL = 1.792 + 5.409ML   | 0.93           | 30 | 2.12 – 14.97               |
| Hymenoptera non-Formicidae | <sup>1</sup> BL = 0.527 + 4.326HW   | 0.83           | 24 | 1.71 – 7.15                |
| Insect larvae              | <sup>1</sup> BL = 3.967 + 3.421ML   | 0.55           | 18 | 3.24 – 14.22               |
| Araneae                    | <sup>1</sup> BL = 2.2354 + 6.229FL  | 0.63           | 29 | 1.63 – 9.12                |
|                            | <sup>1</sup> BL = 0.989 + 3.976CL   | 0.83           | 29 | 1.63 – 9.12                |

\* BL: body length; FL: fang length; CL: chelicerae length; HW: head width; EL: elytra length; SL: scutellum length; ML: mandible length.<sup>1</sup>Lima *et al.* (2011); <sup>2</sup>Souza (2017); <sup>3</sup>Manhães & Dias (2008); <sup>4</sup>Getting in this research.

**Table 4.** Classification matrix for prey selection by types and size by *Myiothlypis leucoblephara* based on the comparison of proportional use of the resource in relation to proportional availability, arranged from the least consumed (rank 0) to the most consumed (rank 9 for feeding items and 4 for size classes).

| <b>Feeding item*</b>     | <b>Aran</b>           | <b>Form</b>           | <b>Coleop</b>         | <b>HNF</b>            | <b>Hemipt</b>   | <b>HNH</b>  | <b>Orthop</b> | <b>Larvae</b> | <b>Blat</b> | <b>Isopt</b> | <b>Rank</b> |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|---------------|-------------|--------------|-------------|
| <b>Araneae</b>           | 0                     | ---                   | ---                   | ---                   | +               | +           | ---           | +             | -           | +            | 4           |
| <b>Formicidae</b>        | +++                   | 0                     | +                     | +                     | +++             | +++         | +++           | +++           | +++         | +++          | 9           |
| <b>Coleoptera</b>        | +++                   | -                     | 0                     | +++                   | +++             | +++         | +++           | +++           | +++         | +++          | 8           |
| <b>HNF</b>               | +++                   | -                     | ---                   | 0                     | +++             | +++         | +             | +++           | +           | +            | 7           |
| <b>Hemiptera</b>         | -                     | ---                   | ---                   | ---                   | 0               | +           | ---           | +             | -           | -            | 2           |
| <b>HNH</b>               | -                     | ---                   | ---                   | ---                   | -               | 0           | ---           | -             | ---         | ---          | 0           |
| <b>Orthoptera</b>        | +++                   | ---                   | ---                   | -                     | +++             | +++         | 0             | +++           | +           | +            | 6           |
| <b>Larvae</b>            | -                     | ---                   | ---                   | ---                   | -               | +           | ---           | 0             | ---         | -            | 1           |
| <b>Blattodea</b>         | +                     | ---                   | ---                   | -                     | +               | +++         | -             | +++           | 0           | +            | 5           |
| <b>Isoptera</b>          | -                     | ---                   | ---                   | -                     | +               | +++         | -             | +             | -           | 0            | 3           |
| <b>size classes (mm)</b> | <b>&gt; 0,0 - 2,0</b> | <b>&gt; 2,0 - 4,0</b> | <b>&gt; 4,0 - 6,0</b> | <b>&gt; 4,0 - 6,0</b> | <b>&gt; 8,0</b> | <b>Rank</b> |               |               |             |              |             |
| <b>&gt; 0,0 - 2,0</b>    | 0                     | ---                   | ---                   | ---                   | ---             | 0           |               |               |             |              |             |
| <b>&gt; 2,0 - 4,0</b>    | +++                   | 0                     | +                     | +                     | +++             | 4           |               |               |             |              |             |
| <b>&gt; 4,0 - 6,0</b>    | +++                   | -                     | 0                     | +                     | +++             | 3           |               |               |             |              |             |
| <b>&gt; 6,0 - 8,0</b>    | +++                   | -                     | -                     | 0                     | +               | 2           |               |               |             |              |             |
| <b>&gt; 8,0</b>          | +++                   | ---                   | ---                   | -                     | 0               | 1           |               |               |             |              |             |

The intersection of the line with the column has a '+' or '-' sign when the line item is respectively more or less used than the column item; triple sign (+++) represents significant deviation from the random at  $p < 0.05$ . \*HNF=Hymenoptera non-Formicidae; HNH=Hemiptera non-Heteroptera.



**Figure 1.** Mean  $\pm$  standard deviation of arthropods body length obtained in the diet of *Myiothlypis leucoblephara* and collected in the field, south of Minas Gerais, Brazil. Only the arthropods used in feeding preference analyses were included. Insect larvae: N = 9 in the diet/N = 302 in the field; Orthoptera: 15/39; Blattodea: 9/173; Araneae: 17/643; Coleoptera: 61/269; Formicidae: 265/491; Hymenoptera non-Formicidae: 31/95.

## **CAPÍTULO II**

### **RELAÇÕES DE NICHOS ALIMENTAR ENTRE QUATRO ESPÉCIES DE AVES INSETÍVORAS DE FOLHAGEM NO SUB-BOSQUE DE UM FRAGMENTO FLORESTAL NO SUL DE MINAS GERAIS**

## CAPÍTULO II

### RELAÇÕES DE NICHOS ALIMENTAR ENTRE QUATRO ESPÉCIES DE AVES INSETÍVORAS DE FOLHAGEM NO SUB-BOSQUE DE UM FRAGMENTO FLORESTAL NO SUL DE MINAS GERAIS

#### RESUMO

As relações de nicho alimentar entre quatro espécies de aves insetívoras de folhagem foram investigadas, analisando itens alimentares de sua dieta, dados de sua morfologia e disponibilidade dos recursos em uma área de floresta estacional semidecidual no sul do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. Foram capturados indivíduos das espécies *Basileuterus culicivorus* (Parulidae, n=12), *Dysithamnus mentalis* (Thamnophilidae, n=18), *Hemitriccus diops* (Tyrannidae, n=33) e *Platyrinchus mystaceus* (Tyrannidae, n=39), dos quais foram analisadas um mínimo de 10 amostras fecais por espécie, onde foram identificados fragmentos de 13 grupos de artrópodes. Araneae, seguido por Coleoptera, foram os táxons predominantes na dieta de três dos quatro insetívoros, *B. culicivorus*, *H. diops* e *P. mystaceus*. *Dysithamnus mentalis* foi a única espécie a apresentar uma inversão na predominância desses dois itens alimentares, sendo Coleoptera o táxon mais numeroso em sua dieta. Tais relações também se mantiveram quando avaliado o índice de importância alimentar (IA) para as quatro espécies. Apesar das diferenças na ocorrência e proporções dos tipos de artrópodes consumidos pelas aves, a sobreposição de nicho entre os quatro insetívoros foi acima da esperada ao acaso (sobreposição = 0,92989;  $p$  observado  $\leq$  esperado = 0,001), não apresentando também diferenças na largura de seus nichos ( $p > 0,05$ ). Embora as análises não tenham apontado qualquer correlação entre o comprimento do bico e o tamanho das presas consumidas ( $p > 0,05$ ), houve uma alta correlação entre a massa corporal das espécies investigadas e o tamanho de suas presas ( $p = 0,006$ ), onde espécies maiores consumiram também os maiores artrópodes. Conclui-se que, possivelmente, este seja um dos fatores que possibilita a coexistência dessas aves na área estudada.

Palavras-chave: Aves, floresta estacional semidecidual, insetívoros, região Neotropical, nicho.

## ABSTRACT

### FOOD NICHE RELATIONSHIPS BETWEEN FOUR FOLIAGE GLEANING UNDERSTORY INSECTIVOROUS BIRDS IN A TROPICAL FOREST FRAGMENT, MINAS GERAIS, BRAZIL

The food niche relationships among four foliage-gleaning understory insectivorous birds species were investigated, using food items from their diet, morphological and resources availability data in a semideciduous forest in Southeastern of Brazil. Were captured individuals of species *Basileuterus culicivorus* (Parulidae, n=12), *Dysithamnus mentalis* (Thamnophilidae, n=18), *Hemitriccus diops* (Tyrannidae, n=33) and *Platyrinchus mystaceus* (Tyrannidae, n=39). A minimum of 10 fecal samples were analyzed per species. Was identified fragments of 13 groups of arthropods. *Basileuterus culicivorus*, *H. diops* and *P. mystaceus* consumed predominantly Araneae, followed by Coleoptera. *Dysithamnus mentalis* predominantly consumed Coleoptera, followed by Araneae. The alimentary importance index (AI) confirmed these results to the four species. Despite of differences in both occurrence and proportions of the arthropods groups in birds diet, the niche overlap was above of that expected by chance (overlap = 0,929,  $p_{\text{observed}} \leq p_{\text{expected}} = 0,001$ ). Moreover, there was no niche width difference between the species ( $p > 0.05$ ). There was no correlation between bill length and invertebrates size found in the diet ( $p > 0.05$ ). Nevertheless, a high correlation between the body mass of birds and size prey consumed was observed ( $p = 0.006$ ), where larger species consumed larger invertebrates. In conclusion, it is possible that prey size allows the coexistence of these species in the study area.

Key words: Birds, understory insectivorous, tropical forest, niche overlap.

## INTRODUÇÃO

A caracterização das aves em diferentes guildas reflete sua grande diversidade alimentar, sua capacidade de explorar microhabitats diversos e ocupar variados nichos tróficos (Horne & Bader, 1990; Burger *et al.*, 1999; Durães & Marini, 2005). Aves insetívoras compreendem grande parte das espécies que habitam o sub-bosque de florestas tropicais. Além disso, com sua alta especificidade de habitat são úteis nas pesquisas sobre ecologia alimentar nesses ambientes, uma vez que apresentam dificuldades em transpor áreas desprovidas de cobertura florestal (Mestre *et al.*, 2010; Mansor & Mohd Sah, 2012).

Os insetívoros de folhagem, particularmente, integram uma guilda numerosa e morfologicamente similar entre si, cuja alta especialização na exploração dos diferentes micro-habitats pode favorecer sua coexistência (Naoki, 2007; Mansor & Mohd Sah, 2012). Por serem muito numerosos, relações de competição e/ou partição de nicho são comumente observadas entre esses insetívoros (Mansor & Mohd Sah, 2012), e sutis diferenças, tanto na composição da dieta como no uso do substrato e táticas de forrageio, são fundamentais para o melhor entendimento das relações de nicho entre espécies sintópicas (Cajade *et al.*, 2010).

Assim, estudos sobre a composição da dieta de aves insetívoras, avaliando a heterogeneidade e/ou tamanho das presas consumidas, bem como a distribuição local desses recursos, tem se mostrado uma ferramenta essencial para a compreensão de vários aspectos de sua ecologia comportamental, especialmente, no que diz respeito às relações de nicho dentro de uma mesma guilda (Sherry, 1984; Riegert *et al.*, 2011; Lima *et al.*, 2011; Manhães *et al.*, 2015).

Estudos desenvolvidos nas últimas décadas têm atribuído à morfometria um importante papel na segregação de nicho entre espécies que utilizam os mesmos recursos alimentares e apontam uma estreita relação entre a morfologia de pequenos vertebrados, e o tamanho das presas consumidas, o que parece exercer grande influência na diferenciação de nicho entre espécies aparentadas ou morfologicamente muito próximas (Stiles, 1995; Radford & Du Plessis, 2003; Costa *et al.*, 2008; Manhães *et al.*, 2015).

Apesar dos esforços dispendidos por pesquisadores em todo o mundo para melhor descrever as relações de nicho entre pequenos insetívoros de diversos táxons (Churchfield, *et al.*, 1999; Jedlicka *et al.*, 2006; Fowler *et al.*, 2014), estudos dessa natureza investigando tais relações entre aves insetívoras com base em itens alimentares

de sua dieta, permanecem ainda pouco documentados (Holmes & Robinson, 1988; Chesser, 1995; Mestre *et al.* 2010; Manhães *et al.*, 2015).

O presente estudo investiga as relações de nicho entre quatro espécies de aves insetívoras, forrageadoras de folhagem, *Basileuterus culicivorus* (Deppe, 1830) (Parulidae), *Dysithamnus mentalis* (Temminck, 1823) (Thamnophilidae), *Hemitriccus diops* (Temminck, 1822) (Tyrannidae) e *Platyrinchus mystaceus* (Vieillot, 1818) (Tyrannidae), que coexistem no sub-bosque de um fragmento de floresta estacional semidecídua, no sul do estado de Minas Gerais. Para tal, foram utilizados dados de sua dieta, morfologia e disponibilidade de recursos, a fim de testar se esses quatro insetívoros apresentam diferenciação de seus nichos alimentares em função dos tipos (em geral táxons) ou tamanhos das presas consumidas. E, neste último caso, se essa diferenciação está relacionada à massa corporal e/ou tamanho de seus bicos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **MORFOMETRIA DAS AVES**

Para as análises morfométricas foram tomadas as medidas de comprimento de bico (cúlmen exposto) com auxílio de paquímetro (precisão de 0,05 mm) e para obtenção da massa corporal utilizou-se dinamômetro de mão (Pesola ®) de 50 g, sendo todas as medidas efetuadas segundo padrões descritos por Sick (1997). Dados de massa corporal e comprimento do bico são medidas regularmente utilizadas em estudos relacionando a morfologia de espécies de aves ao tamanho das presas (Hespenheid, 1971; Keast *et al.*, 1995; Rardford & DuPlessis, 2003). Além disso, Wiens (1989) investigando as relações entre vários caracteres morfológicos de aves e o tamanho de suas presas, constatou que o comprimento do bico, assim como a massa corporal, foram os únicos caracteres que apresentaram um padrão consistente com o tamanho dos invertebrados consumidos.

### **AMOSTRAGEM DE INVERTEBRADOS**

Para a captura dos invertebrados de folhagem foi utilizado o método de “branch-clipping” que consiste em podar ramos de árvores ou arbustos envolvidos em sacos de coleta (Cooper & Whitmore, 1990). As amostragens foram realizadas nas mesmas datas e locais onde houve a amostragem das aves, porém ao final do dia, após o fechamento das redes ornitológicas, para evitar perturbações durante os períodos de captura. Foram utilizados oito sacos plásticos de coleta (40 x 60 cm) em cada linha de rede, e as coletas realizadas a uma altura média de 1,5 m e uma distância de dois a cinco metros perpendicularmente às redes 2 a 9. Em cada amostragem as coletas eram realizadas em um dos lados da linha de rede, ou seja, alternavam-se os lados esquerdo e direito a cada amostragem. Os ramos foram envoltos cuidadosamente com o saco plástico, a fim de se evitar a fuga de insetos alados, e posteriormente podados. Após a poda, por meio de uma pequena abertura na boca dos sacos, suficiente para introduzir uma das mãos, os galhos e ramos eram sacudidos vigorosamente ainda dentro dos sacos, para que os invertebrados se soltassem da vegetação, e em seguida essa era descartada. Os sacos de coleta eram então acondicionados em freezer por, pelo menos 24h, para posterior triagem e acondicionamento dos invertebrados em frascos contendo álcool (70%). Posteriormente, com o auxílio de microscópio-estereoscópico, os invertebrados foram contados, medidos e identificados até o menor nível taxonômico possível de acordo com a literatura (Triplehorn & Johnson, 2011).

## ANÁLISE DA DIETA

Tipos de presas consumidas: Para a análise da dieta foram utilizadas amostras fecais. Este constitui um método quase tão efetivo quanto as análises de conteúdo estomacal e uso de eméticos, além de possuir uma vantagem sobre as demais técnicas por ser um método não invasivo (Ralph *et al.*, 1985; Carlisle & Holberton, 2006). Para a obtenção das amostras fecais, as aves foram mantidas dentro de sacolas de pano (20 x 30 cm) por, no máximo, 20 minutos. As amostras foram depositadas em frascos contendo álcool (70%) devidamente identificados. Em laboratório, as amostras foram diluídas em água fervente e posteriormente, coadas. Após a secagem, o material foi analisado sob microscópio-estereoscópico (10x40), sendo as presas identificadas até o menor nível taxonômico possível (ordem e família) de acordo com Triplehorn & Johnson (2011). As estruturas encontradas nas amostras foram comparadas àquelas dos invertebrados coletados no campo para facilitar a identificação dos táxons. Além disso, informações complementares, para identificação dos fragmentos, foram obtidas através da literatura (Burger *et al.*, 1999; Gomes *et al.*, 2001; Manhães & Dias, 2011; Triplehorn & Johnson, 2011).

Tamanho das presas consumidas: O comprimento total das presas consumidas foi obtido a partir dos tamanhos dos fragmentos identificados encontrados nas amostras fecais (medidos sobre papel milimetrado em microscópio estereoscópico), aplicados em equações de regressão linear (Manhães & Dias, 2008; Lima *et al.*, 2011), construídas para os grupos taxonômicos (ordem ou família) mais numerosos e representativos da dieta. Para isso, primeiramente, o comprimento corporal dos invertebrados coletados no campo foi relacionado ao comprimento ou largura de algumas de suas estruturas (ex: largura da cabeça, comprimento das asas ou mandíbulas), o que foi determinado com auxílio de paquímetro digital (precisão de 0,01 mm) (Lima *et al.*, 2011). A partir desses dados, as equações de regressão linear para a obtenção do comprimento total dos invertebrados da dieta foram calculadas da seguinte maneira:  $y = a + b \cdot x$ , onde  $y$  é o comprimento corporal e  $x$  é o comprimento ou largura da estrutura. Para determinar o número mínimo de presas em cada amostra, foram considerados cor, tamanho, forma e número de estruturas pares como mandíbulas e asas, ou ímpares, como cabeças (Durães & Marini, 2005).

Sobreposição de nicho x composição da dieta: Com base nos itens alimentares encontrados na dieta, a sobreposição de nicho foi calculada por meio do índice de Pianka

(1973):  $O_{jk} = \sum(p_{ij}p_{ik}) / \sqrt{(\sum p_{ij}^2)(\sum p_{ik}^2)}$  onde  $O_{jk}$  é a sobreposição entre as

espécies  $j$  e  $k$  (de 0 a 1),  $p_{ij}$  e  $p_{ik}$  são as proporções do recurso  $i$  na dieta das espécies  $j$  e  $k$ , respectivamente, para composição da dieta em termos de táxons. A proporção dos itens na dieta foi substituída pelo índice de importância alimentar (AI), de acordo com Durães

& Marini (2005),  $AI = (RO_i \times \overline{RA}_i / \sum_{i=1}^n (RO_i \times \overline{RA}_i)) \times 100$ . Onde:

$RO_i$  = ocorrência relativa por amostra da categoria  $i$  na dieta;

$RA_i$  = abundância relativa do item  $i$  em uma amostra  $n$ ;

$\overline{RA}_i$  = abundância relativa média.

Este índice foi utilizado para corrigir a importância de itens encontrados abundantemente, mas esporadicamente na dieta, como espécies de formigas e cupins que ocorrem, geralmente, de forma agregada, e também daqueles itens registrados frequentemente, mas sempre em quantidades pequenas.

A sobreposição observada foi comparada com a um modelo nulo gerado a partir de 1000 aleatorizações da sobreposição obtidas com o algoritmo de randomização RA3, que retém a amplitude de nicho de uma espécie, mas randomiza um estado do recurso em particular (Gotelli & Ellison, 2013), usando-se o pacote EcoSimR.

Amplitude de Nicho: A largura de nicho foi calculada usando o índice de Levins (Levins, 1968):  $B_x = 1/\sum p_i^2$ , onde

“B” é a largura de nicho da espécie “x” ;

“ $p_i$ ” é a proporção do do item “i” na dieta da espécie  $x$ .

Neste caso, a proporção dos itens na dieta também foi substituída pelo índice de importância alimentar (AI). Além disso, um conjunto de pseudo-valores foi obtido pelo método Jackknife, de acordo com Jaksic (2000). A razão das médias dos Índices de Levins para tipos de presas consumidas por pares de espécies de aves (maior índice/menor índice) foi correlacionada com a razão das médias das massas corporais para os mesmos pares de espécies (maior massa/menor massa) por meio da correlação de postos de Spearman, utilizando o software PAST v. 3.01 (Hammer *et al.*, 2001).

Massa corporal e Tamanho do bico x tamanho das presas: A razão das médias das massas corporais e comprimento do bico de pares de espécies (maior massa/menor massa; maior bico/menor bico) foi correlacionada com a razão dos tamanhos médios de presas, medido para os mesmos pares de espécies, por meio de correlação de postos de Spearman, utilizando o software PAST v. 3.01 (Hammer *et al.*, 2001).

## RESULTADOS

Foram registradas 135 capturas de 102 indivíduos, sendo 12 indivíduos de *Basileuterus culicivorus* (Parulidae) (01 recaptura), 18 indivíduos de *Dysithamnus mentalis* (Thamnophilidae) (03 recapturas), 33 indivíduos de *Hemitriccus diops* (Tyrannidae) (12 recapturas) e 39 indivíduos de *Platyrrinchus mystaceus* (Tyrannidae) (17 recapturas), dos quais foram obtidas, respectivamente, 10, 14, 32, e 24 amostras fecais, onde foram identificados fragmentos de 13 grupos de artrópodes, incluindo larvas de insetos (Tabela 1).

Embora tenha havido pequena variação no número de grupos de artrópodes presentes na dieta de cada espécie, a proporção dos itens mais comuns se mostrou próxima entre elas. Araneae foi o táxon predominante na dieta de três dos quatro insetívoros, *B. culicivorus*, *H. diops* e *P. mystaceus*, sendo que ambos apresentaram também na sequência uma predominância de Coleoptera. *Dysithamnus mentalis* foi a única espécie a apresentar uma inversão na predominância dos dois itens mais comuns na dieta, tendo consumido mais Coleoptera do que Araneae. Esses resultados também foram observados para as análises de importância alimentar (IA) (Tabela 1). Outros itens registrados com frequência na dieta foram Hymenoptera Formicidae, para *B. culicivorus* e *D. mentalis*, Hymenoptera não Formicidae para *P. mystaceus* e Larvas de insetos para *H. diops*. Sendo que esses cinco grupos de artrópodes representaram 84,8% do total de presas encontradas nas amostras fecais dos quatro insetívoros (Tabela 1).

Foram coletados 1392 invertebrados nas armadilhas de folhagem (Branch clipping), distribuídos em 24 categorias taxonômicas (Tabela 2). Os dois táxons mais abundantes foram também os mais representativos na dieta das quatro espécies de aves, Araneae (476) e Coleoptera (163), seguidos por larva de inseto, Hemiptera Heteroptera, Hymenoptera Formicidae e Hemiptera não Heteroptera respectivamente. Sendo que esses seis táxons representaram 82,1% de todos os invertebrados coletados no campo (Tabela 2).

**Tabela 1** – Composição da dieta de quatro espécies de aves insetívoras, com base em amostras fecais, num fragmento de floresta no Sul de Minas Gerais.

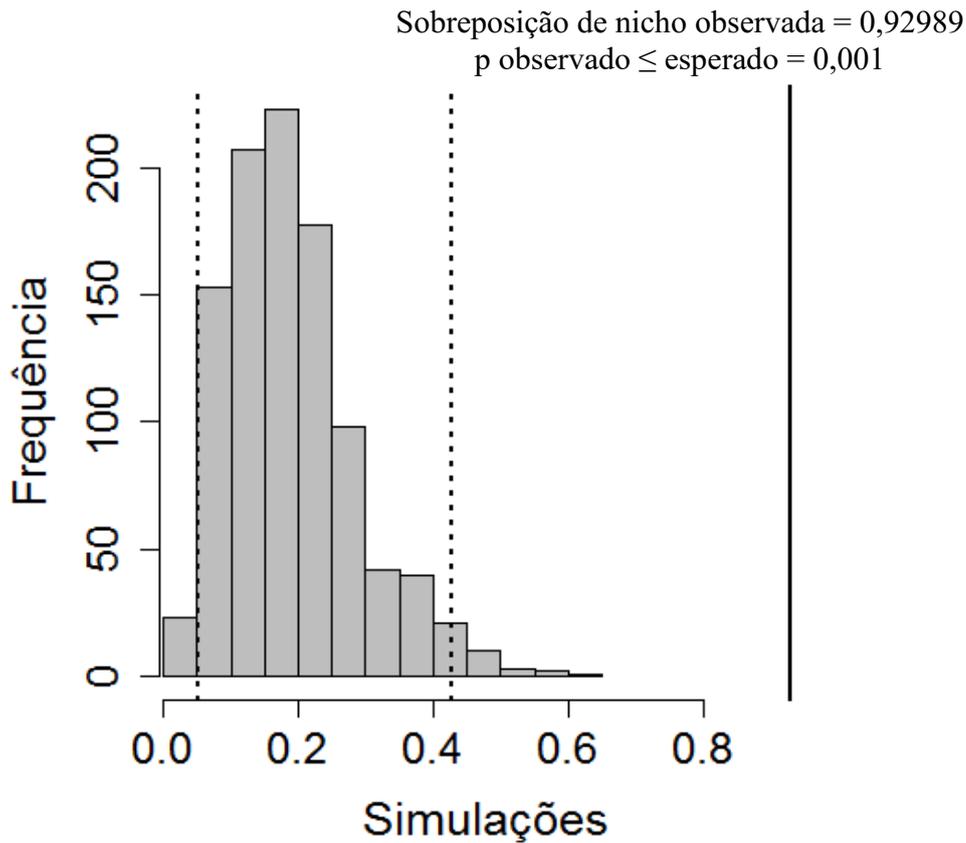
| Itens alimentares          | <i>B. culicivorus</i> |      |       |                  | <i>D. mentalis</i> |      |       |                  | <i>H. diops</i> |      |       |                  | <i>P. mystaceus</i> |      |       |                  | TOTAL |
|----------------------------|-----------------------|------|-------|------------------|--------------------|------|-------|------------------|-----------------|------|-------|------------------|---------------------|------|-------|------------------|-------|
|                            | Freq.                 | %    | IA    | Var. Tam. mm (n) | Freq.              | %    | IA    | Var. Tam. mm (n) | Freq.           | %    | IA    | Var. Tam. mm (n) | Freq.               | %    | IA    | Var. Tam. mm (n) |       |
| Orthoptera                 | -                     | -    | -     | -                | 3                  | 3,3  | 0,23  | 4,4-9,7 (3)      | 1               | 0,8  | 0,04  | 2,3 (1)          | 1                   | 1,1  | 0,06  | 6,6 (1)          | 5     |
| Dermaptera                 | -                     | -    | -     | -                | -                  | -    | -     | -                | -               | -    | -     | -                | 1                   | 1,1  | 0,03  | -                | 1     |
| Isoptera                   | -                     | -    | -     | -                | 1                  | 1,1  | 0,13  | -                | 1               | 0,8  | 0,05  | -                | -                   | -    | -     | -                | 2     |
| Mantodea                   | 1                     | 2,0  | 0,26  | -                | 3                  | 3,3  | 0,13  | -                | -               | -    | -     | -                | -                   | -    | -     | -                | 4     |
| Blattodea                  | -                     | -    | -     | -                | 2                  | 2,2  | 0,14  | -                | 8               | 6,5  | 2,74  | -                | 1                   | 1,1  | 0,05  | -                | 11    |
| Hemiptera Heteroptera      | 2                     | 4,1  | 0,72  | -                | 3                  | 3,3  | 1,32  | -                | 7               | 5,7  | 2,50  | -                | -                   | -    | -     | -                | 12    |
| Hemiptera não Heteroptera  | 3                     | 6,1  | 2,05  | -                | 4                  | 4,4  | 1,08  | -                | 3               | 2,4  | 0,10  | 2,5-7,8 (10)     | 7                   | 8,0  | 3,33  | -                | 17    |
| Coleoptera                 | 15                    | 30,6 | 33,08 | 3,1-11,3 (4)     | 28                 | 30,8 | 45,06 | 2,6-20,1 (13)    | 21              | 17,1 | 16,87 | -                | 25                  | 28,7 | 29,42 | 7,8-10,6 (3)     | 89    |
| Curculionidae              | -                     | -    | -     | -                | 1                  | 1,1  | 0,09  | -                | -               | -    | -     | -                | -                   | -    | -     | -                | 1     |
| Hymenoptera não Formicidae | 4                     | 8,2  | 5,60  | 2,1 (1)          | 5                  | 5,5  | 0,64  | 5,4-12,8 (4)     | 14              | 11,4 | 2,28  | -                | 15                  | 17,2 | 10,83 | 3,1-10,3 (13)    | 38    |
| Formicidae                 | 6                     | 12,2 | 7,18  | 1,6-5,8 (3)      | 18                 | 19,8 | 9,06  | 1,4-9,7 (14)     | 9               | 7,3  | 0,95  | 2,7-9,3 (7)      | 2                   | 2,3  | 0,31  | 1,6-1,9 (2)      | 35    |
| Araneae                    | 18                    | 36,7 | 51,12 | 1,6-5,6 (4)      | 21                 | 23,1 | 41,61 | 1,6-5,4 (11)     | 37              | 30,1 | 63,38 | 1,8-7,0 (10)     | 34                  | 39,1 | 55,91 | 2,4-6,4 (6)      | 110   |
| Larva de inseto            | -                     | -    | -     | -                | 2                  | 2,2  | 0,52  | 4,7 (2)          | 22              | 17,9 | 11,09 | 1,8-6,6 (22)     | 1                   | 1,1  | 0,06  | 5,2 (1)          | 25    |
| Total                      | 49                    | 100  |       |                  | 91                 | 100  |       |                  | 123             | 100  |       |                  | 87                  | 100  |       |                  | 350   |

Freq. = frequência; IA = índice de importância alimentar; Var. Tam = variação do tamanho das presas consumidas; n = número de presas com tamanhos obtidos por meio das equações de regressão linear.

**Tabela 2** – Frequência e porcentagem dos invertebrados encontrados na dieta dos quatro insetívoros e no campo – folhagem (Branch-clipping).

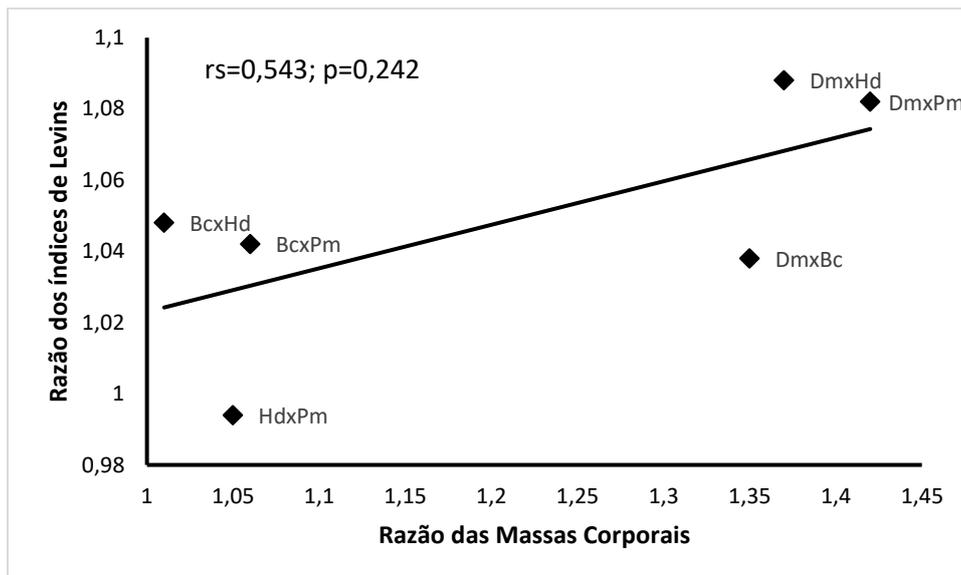
| Categorias alimentares     | Dieta      |       | Folhagem   |       |
|----------------------------|------------|-------|------------|-------|
|                            | Frequência | %     | Frequência | %     |
| Mollusca                   | -          | -     | 7          | 0,50  |
| Orthoptera                 | 5          | 1,41  | 30         | 2,16  |
| Phasmatodea                | -          | -     | 1          | 0,07  |
| Dermaptera                 | 1          | 0,28  | 7          | 0,50  |
| Mantodea                   | 4          | 1,13  | 5          | 0,36  |
| Blattodea                  | 11         | 3,10  | 27         | 1,94  |
| Isoptera                   | 2          | 0,56  | 2          | 0,14  |
| Hemiptera Heteroptera      | 12         | 3,38  | 128        | 9,20  |
| Hemiptera não Heteroptera  | 17         | 4,79  | 112        | 8,05  |
| Neuroptera                 | -          | -     | 1          | 0,07  |
| Coleoptera                 | 89         | 25,07 | 163        | 11,71 |
| Curculionidae              | 1          | 0,28  | 18         | 1,29  |
| Diptera                    | -          | -     | 15         | 1,08  |
| Lepdoptera                 | -          | -     | 5          | 0,36  |
| Hymenoptera não Formicidae | 38         | 10,70 | 79         | 5,68  |
| Hymenoptera Formicidae     | 35         | 9,86  | 127        | 9,12  |
| Acari                      | -          | -     | 5          | 0,36  |
| Araneae                    | 110        | 30,99 | 476        | 34,2  |
| Larva de inseto            | 25         | 7,04  | 136        | 9,77  |
| Ninfa                      | -          | -     | 11         | 0,79  |
| Pupa                       | -          | -     | 6          | 0,43  |
| Indeterminado              | 5          | 1,41  | 6          | 0,43  |
| Psocoptera                 | -          | -     | 1          | 0,07  |
| Collembola                 | -          | -     | 24         | 1,72  |
| Total                      | 355        | 100   | 1392       | 100   |

As espécies apresentaram alta sobreposição de nicho quando analisado o tipo de presas consumidas (sobreposição = 0,92989), sendo o valor observado bem mais alto do que o esperado ( $p$  observado  $\leq$  esperado = 0,001) (Figura 1).

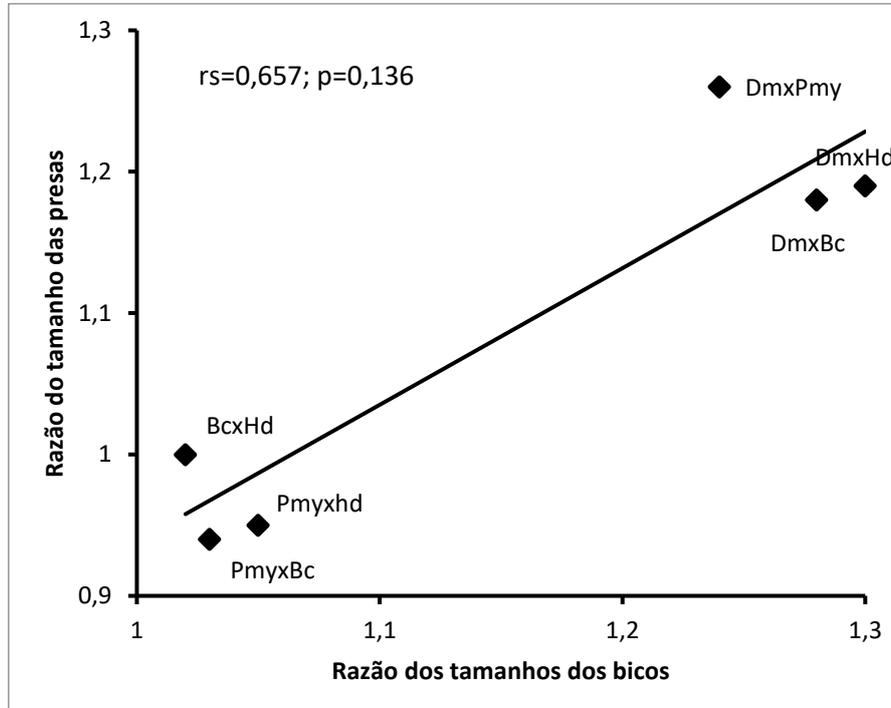


**Figura 1.** Sobreposição de nicho de Pianka entre quatro espécies de aves insetívoras, *Basileuterus culicivorus*, *Dysithamnus mentalis*, *Hemitriccus diops* e *Platyrinchus mystaceus* baseada nos tipos de presas encontradas na dieta (1000 simulações). Linhas pontilhadas verticais representam intervalo de confiança de 95%. Linha inteira vertical corresponde ao valor de sobreposição observado (0,92989).

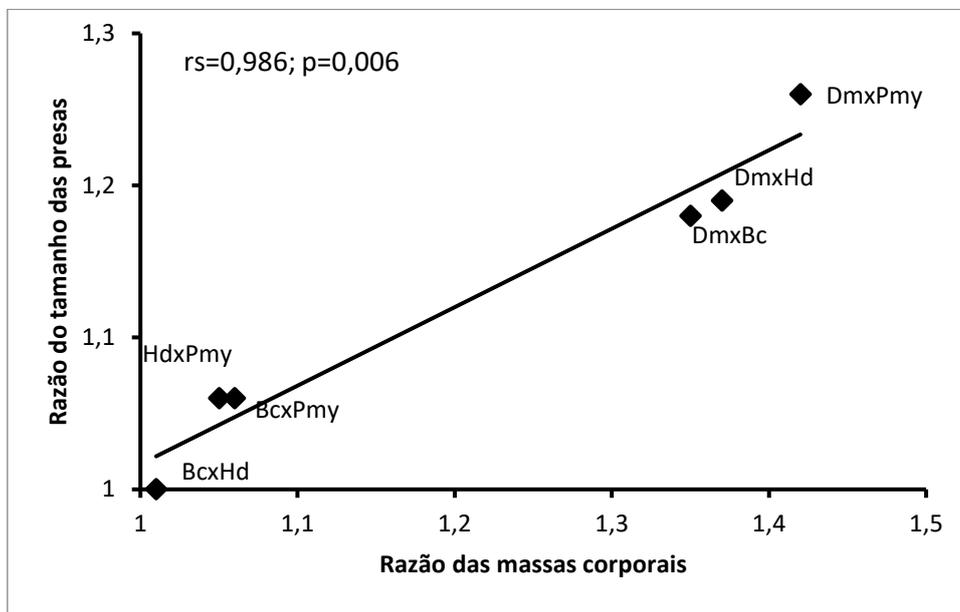
A correlação entre os dados do índice de Levins e da massa corporal demonstram que a massa não influencia na amplitude de nicho das espécies de aves ( $r_s = 0,543$ ;  $p = 0,242$ ) (Figura 2). Além disso, também não houve correlação significativa entre o comprimento do bico das aves e o tamanho das presas consumidas ( $r_s = 0,657$ ;  $p = 0,136$ ) (Figura 3). Por outro lado, os dados demonstram que as diferenças nos tamanhos das presas aumentam em função das diferenças nas massas corporais de pares de espécies ( $r_s = 0,986$ ;  $p = 0,006$ ), indicando que espécies com maior massa corporal consumiram também presas de maior tamanho (Figura 4).



**Figura 2.** Correlação entre a razão dos índices de Levins obtida com base em diferentes tipos de presas e a razão das médias das massas corporais para pares de espécies. *Basileuterus culicivorus* (Bc), *Dysithamnus mentalis* (Dm), *Hemitriccus diops* (Hd) e *Platyrrinchus mystaceus* (Pm), onde “n” representa o número de categorias taxonômicas (tipos de presas) encontrado na dieta de cada espécie.



**Figura 3.** Correlação entre as razões dos comprimentos do bico e do comprimento das presas consumidas entre pares das espécies insetívoras *Basileuterus culicivorus* (Bc), *Dysithamnus mentalis* (Dm), *Hemitriccus diops* (Hd) e *Platyrynchus mystaceus* (Pm).



**Figura 4.** Correlação entre a massa corporal de aves e o comprimento das presas consumidas entre quatro espécies insetívoras *Basileuterus culicivorus* (Bc), *Dysithamnus mentalis* (Dm), *Hemitriccus diops* (Hd) e *Platyrinchus mystaceus* (Pm).

## DISCUSSÃO

As quatro espécies apresentaram uma dieta exclusivamente insetívora e, em geral, sua composição parece refletir a disponibilidade dos recursos alimentares, uma vez que todas elas consumiram grandes proporções de artrópodes pertencentes aos táxons mais abundantes no substrato estudado, como, por exemplo, Araneae, Coleoptera e Hymenoptera Formicidae. Esses três táxons estão realmente entre os mais comumente encontrados na folhagem, como mostram outras pesquisas (Poulin & Lefebvre, 1997; Johnson, 2000; Manhães & Dias, 2008; Lima *et al.*, 2011).

De modo similar, os dois táxons mais representativos na dieta de todos os quatro insetívoros foram Araneae e Coleoptera. De fato, estudos avaliando a disponibilidade de invertebrados para insetívoros de folhagem, no sub-bosque de florestas tropicais, apontam esses táxons entre os mais abundantes (Poulin & Lefebvre, 1997; Johnson, 2000; Manhães & Dias, 2008; Lima *et al.*, 2011), onde ambos chegam a representar até 50% dos invertebrados capturados, o que justifica a grande quantidade desses artrópodes na dieta dessas espécies. Outro táxon também representativo na dieta de *B. culicivorus* e *D. mentalis* foi Hymenoptera Formicidae, cujas proporções estiveram muito próximas daquelas encontradas em estudos anteriores (Durães & Marini, 2005; Manhães & Dias, 2008; Lima & Manhães, 2009). Embora não tão abundante quanto Araneae e Coleoptera, Formicidae também teve ampla ocorrência no estrato arbustivo do sub-bosque. Portanto, o maior consumo desses artrópodes por essas duas espécies parece ir além de uma relação oportunista, já que este táxon é apontado, em pesquisas sobre preferência alimentar, como item preferencial na dieta de ambas as espécies (Manhães & Dias, 2008; Lima & Manhães, 2009).

Apesar de pouco abundante nas amostras de campo, Hymenoptera não Formicidae esteve bem representado na dieta de *H. diops* (11,4 %) e, principalmente, *P. mystaceus* (17,2%) cujo IA foi relativamente alto (>10). De fato, Hymenoptera não Formicidae parece estar entre os itens mais consumidos por *P. mystaceus*, conforme dados de pesquisas anteriores (Durães & Marini, 2005; Manhães *et al.*, 2010), onde chega a representar até um terço da dieta, ficando atrás apenas de Formicidae (Durães & Marini, 2005). Embora não se possa atestar uma preferência alimentar dessas espécies por este item, trata-se de dois insetívoros cujo comportamento de capturar presas em pequenos saltos (Fitzpatrick, 1985) pode favorecer o consumo desses invertebrados que apresentam reflexos imediatos de fuga, em função de pequenas perturbações na folhagem.

Larvas de insetos foram a terceira categoria taxonômica mais abundante no campo (9,77%), apesar disso, sua representatividade foi baixa para a maioria das espécies, com exceção de *Hemitriccus diops*, para quem representou quase 18% do total da dieta. A abundância de larvas no campo pode ter sido superestimada em função do comportamento inerente a esses invertebrados, que ocorrem geralmente em aglomerados (Zanuncio *et al.*, 1990; Lemaire, 2002; Specht *et al.*, 2006). De fato, larvas foram registradas em poucas amostras de branch-clipping (13,3%), porém sempre em grandes concentrações, entre 5 e 18 itens (observações pessoais). Além disso, em estudos avaliando a disponibilidade de presas em florestas tropicais, larvas foram registradas em pequeno número, sendo sua maior abundância associada a curtos períodos do ano em determinadas localidades (Lopes *et al.*, 2005, Manhães & Dias, 2008; Lima & Manhães, 2011; Lima & Manhães, 2017). Logo, seu consumo por *H. diops* pode ter ocorrido de forma ocasional e seus aglomerados terem contribuído para a maior frequência na dieta da espécie, uma vez que o mesmo não foi observado para o índice de importância alimentar. De fato, larvas não parecem constituir um item de grande importância na dieta da espécie, conforme estudos realizados anteriormente, onde se quer houve registros deste invertebrado para *H. diops* (Lima *et al.*, 2010; Manhães *et al.*, 2010).

Apesar das diferenças na composição da dieta entre os insetívoros de folhagem, essas não foram suficientes para apontar uma segregação de nicho. Na verdade, os resultados sugerem uma alta sobreposição com relação aos tipos de presas consumidas. Embora alguns estudos apontem a heterogeneidade na dieta de pequenos vertebrados como um dos fatores responsáveis pela partição de nicho entre espécies que exploram o mesmo micro-habitat (Dias & Rocha, 2007; Bergallo & Rocha, 1994), esse padrão nem sempre é observado (Hespenheide, 1971; Manhães *et al.*, 2015), e, muitas vezes, a separação de nicho, com relação a tipos de presa, se dá em associação a outros fatores como o uso de táticas variadas de forrageio ou exploração diferenciada no espaço-tempo (Rodrigues, 1995; Naoki, 2007; Mansor & Mohd Sah, 2012). Por outro lado, algumas pesquisas afirmam que a categorização das presas em níveis taxonômicos mais elevados, como ordem e família, pode não fornecer informações suficientemente acuradas para avaliar partição de nicho, fazendo-se necessária uma classificação em níveis taxonômicos menores (Sherry, 1984; Poulin & Lefebvre, 1996).

Os contrastes na dieta em termos de tipos de presas também não revelaram diferenças ecológicas na largura de nicho dos quatro insetívoros. Apesar do número de táxons consumidos ter variado desde 7 para *B.culicivorus* a 12 para *D.mentalis*, todas os

quatro insetívoros consumiram grandes proporções dos mesmos táxons, com predomínio de Araneae e Coleoptera, sugerindo novamente que essas espécies consumiram oportunisticamente as presas mais abundantes. Embora, em alguns estudos, a composição da dieta seja suficiente para apontar diferenças na largura de nicho entre espécies com mesmos hábitos alimentares (McMartin *et al.*, 2002; Riegert *et al.*, 2011; Manhães *et al.*, 2015), parâmetros comportamentais, como a especialização no uso de diferentes substratos, distribuição espacial, tempo dispendido e manobras de forrageio, têm se mostrado determinantes na diferenciação de nicho entre espécies insetívoras (Keast, 1980; Mendonça-Lima *et al.*, 2004; Lopes *et al.*, 2006; Mansor & Mohd Sah, 2012). *Dysithamnus mentalis*, por exemplo, é uma espécie generalista quanto aos substratos explorados além de possuir uma ampla área vertical de forrageio (Lopes *et al.*, 2006), enquanto que *B.culicivorus* possui o hábito de forragear em meio à folhagem viva do estrato arbóreo e arbustivo baixo, sendo comumente avistado em galhos próximos ao chão (Marini & Cavalcanti, 1993; Mendonça-Lima *et al.*, 2004). Por outro lado, *H.diops* é uma espécie associada a bambus (Costa, 2008; Silva, 2009; Santana & Anjos, 2010), e é frequentemente registrada forrageando nesses adensamentos ao contrário de *P. mystaceus* que parece estar associada a locais com vegetação menos densa (Manhães & Dias, 2011). Com base nessas particularidades, é possível que a diferenciação de nicho trófico, entre esses quatro insetívoros, seja melhor explicada quando associada à fatores comportamentais, especialmente com relação à exploração do substrato.

Outro caráter que não se mostrou determinante na diferenciação do nicho trófico entre as espécies aqui estudadas é o comprimento do bico, cujos resultados não apontaram qualquer correlação com o tamanho dos itens encontrados em suas dietas. Esse resultado talvez esteja sendo influenciado por *P. mystaceus*, que apresenta um bico mais largo e usa táticas diferenciadas na captura de suas presas (Fitzpatrick, 1985). De fato, a morfologia do bico, em alguns estudos, é apontada como um dos fatores responsáveis pelo consumo diferencial de presas (Hespenheide, 1971; Fitzpatrick, 1985), porém, esse padrão é muitas vezes camuflado pela grande proximidade na morfometria de algumas espécies, sendo necessária a associação com outras características tanto morfológicas quanto comportamentais para se definir padrões de partição de nicho (Lopes *et al.*, 2006; Bissoli *et al.*, 2014). Além disso, estudos dessa natureza considerando não somente o comprimento, mas também a largura do bico, podem aumentar a probabilidade de se encontrar uma possível correlação entre esses fatores.

Não obstante, os resultados apontam uma estreita relação entre as massas corporais dos insetívoros e o tamanho de suas presas, onde espécies com maior massa corporal consumiram invertebrados de maior tamanho. Esse mesmo padrão foi registrado em diferentes estudos onde hábitos alimentares para pares de espécies de aves foram comparados, como observado por Hespeneide (1971) ao constatar que a coexistência de aves que compartilham recursos alimentares se deve principalmente ao tamanho das presas em detrimento de seus táxons e Manhães *et al.* (2015), em seu estudo com insetívoros de chão, que atribuiu a divergência no uso de recursos alimentares ao tamanho das presas consumidas. De fato, a relação positiva entre amplitude de nicho e tamanho corporal parece ser um padrão geral e generalizado na biologia populacional (Peters, 1983; Calder, 1996; Churchfield *et al.*, 1999), uma vez que predadores maiores podem consumir presas de tamanhos variados enquanto que predadores menores estão limitados a presas de menor tamanho.

Os resultados aqui apresentados corroboram dados de pesquisas anteriores, e apontam o consumo diferencial de presas com relação a tamanho como um dos fatores responsáveis por mediar a coexistência de espécies de aves insetívoras no sub-bosque de florestas tropicais. Por outro lado, embora a composição da dieta não tenha, por si só, definido aqui padrões de segregação de nicho, sugere que sua associação a dados comportamentais, em especial o uso diferencial dos substratos, possa fornecer uma melhor compreensão das relações de nicho trófico estabelecidas entre essas espécies.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGALLO, H.G. & ROCHA, F.D. 1994. Spatial and trophic niche differentiation in two sympatric lizards (*Tropidurus torquatus* and *Cnemidophorus ocellifer*) with different foraging tactics. *Australian Journal of Ecology*. 19 (1): 72-75.
- BISSOLI L. B., SOUZA M. M. & ROPER, J. J. (2014) Espécies da família Tyrannidae partilham espaço de forrageio em um fragmento de Mata Atlântica, Brasil? *Natureza on line*. 12 (5): 235-239.
- BURGER, J.C.; PATTEN, M.A.; ROTENBERRY, J.T. & REDAK, R.A. 1999. Foraging ecology of the California gnatcatcher deduced from fecal samples. *Oecologia*. 120: 304-310.
- CAJADE, R.; FEDERICO, E.; SCHAEFER, D., M. I. & KEHR, A. I. 2010. Trophic and microhabitat niche overlap in two sympatric dendrobatids from la selva, Costa Rica. *Cuadernos herpetología*. 24(2): 81–92.
- CALDER, W.A. 1996. Size, function, and life history. Dover Publications, Mineola, NY.
- CARLISLE, J. D. & HOLBERTON, R. L. 2006. Relative efficiency of fecal versus regurgitated samples for assessing diet and deleterious effects of a tartar emetic on migratory birds. *Journal of Field Ornithology*. 77 (2): 126–175.
- CHESSER, R. T. 1995. Comparative diets of obligate ant-following birds at a site in northern Bolivia. *Biotropica* 27(3): 382-390.
- CHURCHFIELD, S.; NESTERENKO, V. A. & SHVARTS, E. A. 1999. Food niche overlap and ecological separation amongst six species of coexisting forest shrews (Insectivora: Soricidae) in the Russian Far East. *Journal of Zoology* 248: 349-359.
- COOPER, R. J. & WHITMORE, R. C. 1990. Arthropod sampling methods in ornithology. *Studies in Avian Biology* 13: 29-37.

- COSTA, G.C.; VITT, L.J.; PIANKA, E.R.; MESQUITA, D.O. & COLLI, G.R. 2008. Optimal foraging constrains macroecological patterns: body size and dietary niche breadth in lizards. *Global Ecology and Biogeography*. 17(5): 670-677.
- COSTA, J. C. 2008. Efeito de alterações do habitat na composição e estrutura da comunidade de aves de sub-bosque no Planalto Paulista, Sudeste do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba – São Paulo.
- DIAS, E. J. R. & ROCHA, C. F. D. 2007. Niche differences between two sympatric whiptail lizards (*Cnemidophorus abaetensis* and *C. ocellifer*, Teiidae) in the restinga habitat of northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 67(1): 41-46.
- DURÃES, R. & MARINI M.A. 2005. A quantitative assessment of bird diets in the Brazilian Atlantic forest, with recommendations for future diet studies. *Ornitologia Neotropical*. 16: 65–83.
- FITZPATRICK, J.W. 1985. Form, foraging behavior, and adaptative radiation in the Tyrannidae. *Ornithological Monographs*. 36: 447-470.
- FOWLER, D.; LESSARD, J.P. & SANDERS, N. J. 2014. Niche filtering rather than partitioning shapes the structure of temperate forest ant communities. *Journal of Animal Ecology* 83: 943–952.
- GOMES, V. S. M.; ALVES, V. S. & RIBEIRO, J. R. I. 2001. Itens alimentares encontrados em amostras de regurgitação de *Pyriglena leucoptera* (Vieillot) (Aves, *Thamnophilidae*) em uma floresta secundária no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Zoologia*. 18(4): 1073–1079.
- GOTELLI, N. J. & ELLISON, A. M. 2013. EcoSimR 1.00. <http://www.uvm.edu/~ngotelli/EcoSim/EcoSim.html>.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1):

1-9.

HESPENHEIDE, H.A., 1971. Food preference and the extent of overlap in some insectivorous birds, with special reference to the Tyrannidae. *The Ibis*. 113(1): 59-72.

HOLMES, R. T. & ROBINSON, S.K. 1988. Spatial patterns, foraging tactics, and diets of ground-foraging birds in a Northern Hardwoods Forest. *The Wilson Bulletin*. 100(3): 377-394.

HORNE, B.V. & BADER A. 1990. Diet of nestling winter wrens in relationship to food availability. *The Condor*. 92: 413-420.

JAKSIC, F., 2000. *Ecología de comunidades*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile. 233 p.

JEDLICKA, J. A.; GREENBERG, R.; PERFECTO, I.; PHILPOTTT, S. M. & DIETSCH, T. V. 2006. Seasonal shift in the foraging niche of a tropical avian resident: resource competition at work? *Journal of Tropical Ecology*. 22: 385–395.

JOHNSON, M. D. 2000. Evaluation of an arthropod sampling technique for measuring food availability for forest insectivorous birds. *Journal of Field Ornithology*. 71: 88–109.

KEAST, A. 1980. Spatial relationships between migratory parulid warblers and their ecological counterparts in the Neotropics. Pp. 109–130 *in* Keast, A., & E. S. Morton (eds.). *Migrant birds in the Neotropics: ecology, behavior, distribution, and conservation*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.

\_\_\_\_\_, PEARCE, L. & SAUNDERS, S. 1995. How convergent is the American Redstart (*Setophaga ruticilla*, Parulinae) with Flycatchers (Tyrannidae) in morphology and feeding behavior? *The Auk*. 112(2): 310-325.

- LEMAIRE, C. 2002. The Saturniidae of America - Hemileucinae. Keltern, Goecke & Evers, vol. 3, 1388p.
- LEVINS, R., 1968. Evolution in changing environments. Princeton: Princeton University Press. 132 p. Monographs in Population Biology, no. 2.
- LIMA, A.L.C. & MANHÃES, M.A. 2009. Hábitos alimentares de *Basileuterus culicivorus* (Aves: Parulidae) em uma área de Mata Atlântica secundária, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*. 9(3): 137-143
- \_\_\_\_\_, MANHÃES, M.A & PIRATELLI, A.J. 2011. Ecologia trófica de *Conopophaga lineata* (Conopophagidae) em uma área de mata secundária no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*. 19(3): 315-322.
- LIMA, A.L.C., MANHÃES, M.A. & MELO. 2020. Seasonal variation of understory insectivorous birds and arthropods in an area of secondary Atlantic Forest, southeast of Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. Doi: 10.1080/01650521.2020.1776954.
- LIMA, C. A., SIQUEIRA, P. R., GONÇALVES, R. M. M., VASCONCELOS, M. F. & LEITE, L. O. 2010. Dieta de aves da Mata Atlântica: uma abordagem baseada em conteúdos estomacais. *Ornitologia Neotropical*. 21: 425-438.
- LOPES, E.V.; VOLPATO, G. H.; MENDONÇA, L.B.; FÁVARO, F. L. & DOS ANJOS, L. 2006. Abundância, microhabitat e repartição ecológica de papa-formigas (Passeriformes, Thamnophilidae) na bacia hidrográfica do rio Tibagi, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 23 (2): 395-403.
- LOPES, L. E.; FERNANDES, A. M. & MARINI, M. A. 2005. Diet of some Atlantic Forest birds. *Ararajuba*. 13(1): 95-103.
- MANHÃES, M.A. & DIAS, M.M. 2008. Diet and feeding preference of the plain antitrogon (*Dysithamnus mentalis*) in an area of Brazilian Atlantic Forest. *Ornitologia Neotropical*. 19: 417-426.

- \_\_\_\_\_ ; LOURES-RIBEIRO, A. & DIAS, M.M., 2010. Diet of understory birds in two Atlantic Forest areas of southeast Brazil. *Journal of Natural History*. 44(7-8): 469-489.
- \_\_\_\_\_ & DIAS, M. M. 2011. Spatial dynamics of understory insectivorous birds and arthropods in a southeastern Brazilia Atlantic woodlot. *Brazilian Journal of Biology*. 47 (1): 1-7.
- \_\_\_\_\_ ; DIAS, M. M. & LIMA, A. L. C. 2015. Feeding resource partitioning between two understory insectivorous birds in a fragment of Neotropical cloud forest. *Brazilian Journal of Biology*. 75(4): 176-183.
- McMARTIN, B., BELLOCQ, I. & SMITH, S. M. 2002. Patterns of consumption and diet differentiation for three breeding warbler species during a spruce budworm outbreak. *The Auk*. 119(1): 216-220.
- MANSOR M. S., MOHD SAH S. A. 2012. Foraging patterns reveal niche separation in tropical insectivorous birds. *Acta ornithologica*. 47(1): 27-36.
- MARINI, M.A. & CAVALCANTI, R.B. 1993. Habitat and foraging substrate use of three *Basileuterus* warblers from central Brazil. *Ornitologia Neotropical*. 4(2): 69-76.
- MENDONÇA-LIMA, A. SANDRA M. HARTZ, S. M. & KINDEL, A. 2004. Foraging behavior of the white-browed (*Basileuterus leucoblepharus*) and the goldencrowned (*B. Culicivorus*) warblers in a semidecidual Forest in southern Brazil. *Ornitologia Neotropical*. 15: 5-15.
- MESTRE, L.A.M.; COHN-HALF, M. & DIAS, M.M. 2010. Diet and prey availability of terrestrial insectivorous birds prone to extinction in Amazonian Forest fragments. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 53(6): 1371-1381.
- NAOKI, K., 2007. Arthropod resource partitioning among omnivorous tanagers (*Tangara* spp.) in western Ecuador. *The Auk*. 124(1): 197-209.

- PETERS, R.H. 1983. The ecological implications of body size. Cambridge University Press, Cambridge.
- PIANKA, E.R. 1973. The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 4: 53-74.
- POULIN, B. & LEFEBVRE, G. 1996. Dietary relationships of migrant and resident birds from a humid forest in Central Panama. *The Auk*. 113(2): 277-287.
- \_\_\_\_\_ & LEFEBVRE, G. 1997. Estimation of arthropods available to birds: effect of trapping technique, prey distribution, and bird diet. *Journal of Field Ornithology*. 68: 426-442.
- RADFORD, A. N. & DU PLESSIS, M. A. 2003. Bill dimorphism and foraging niche partitioning in the green woodhoopoe. *Journal of Animal Ecology*. 72: 258-269.
- RALPH, C.P.; NAGATA, S.E. & RALPH, C.J. 1985. Analysis of droppings to describe diets of small birds. *Journal of Field Ornithology*. 56(2): 165-174.
- RIEGERT, J.; FAINOVA, D.; ANTCZAK, M.; SEDLAČEK, O.; HORÁK, D.; REIF, J. & PESÁTA, M. 2011. Food niche differentiation in two syntopic sunbird species: case study from the Cameroon Mountains. *Journal of Ornithology*. 152: 819-825.
- RODRIGUES, M. 1995. Spatial distribution and food utilization among tanagers in southeastern Brazil (Passeriformes: Emberizidae). *Ararajuba*. 3: 27-32.
- SANTANA, C. R. & ANJOS, L. 2010. Associação de aves a agrupamentos de bambu na porção sul da Mata Atlântica, Londrina, estado do Paraná, Brasil. *Biota Neotropica*. 10(2): 1-6.
- SHERRY, T.W., 1984. Comparative dietary ecology of sympatric, insectivorous Neotropical Flycatchers (Tyrannidae). *Ecological Monographs*. 54 (3): 313-338.

- SICK, H. 1997. Ornitologia brasileira. Uma introdução. Editora Nova Fronteira. Rio de Janeiro, 912p.
- SILVA, C. R. S. 2009. Padrões de ocupação e ocorrência de aves associadas ao bambu na Mata Atlântica do Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, Paraná.
- SPECHT, A., FORMENTINI, A.C. & CORSEUIL, E. 2006. Biologia de *Hylesia nigricans* (Berg) (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae). Revista Brasileira de Zoologia. 23(1): 248-255.
- STILES, F.G. 1995. Behavioral, ecological and morphological correlates of foraging for arthropods by hummingbirds of a Tropical Wet Forest. The Condor. 97: 853-878.
- TRIPLEHORN, C.A. & JOHNSON, N.F. 2011. Estudo dos insetos. Cengage Learning. São Paulo. 809p.
- ZANUNCIO, J. C.; GARCIA, J. F.; SANTOS, G. P., ZANUNCIO, T. V. & NASCIMENTO, E. C. 1990. Biologia e consumo foliar de lagartas de *Euselasia apisaon* (Dalman, 1823) (Lepdoptera: Riodinidae) em *Eucalyptus* spp.
- WIENS, J. A. 1989. The ecology of birds communities, vol. 1: Foundations and patterns. Cambridge Univesity Press. Cambridge. 539 pp.

## **CAPÍTULO III**

### **SOBREPOSIÇÃO DE NICHOS ALIMENTARES ENTRE TRÊS ESPÉCIES DE AVES INSETÍVORAS DE CHÃO EM UM FRAGMENTO FLORESTAL NO SUL DE MINAS GERAIS, BRASIL**

## CAPÍTULO III

### SOBREPOSIÇÃO DE NICHOS ALIMENTAR ENTRE TRÊS ESPÉCIES DE AVES INSETÍVORAS DE CHÃO EM UM FRAGMENTO FLORESTAL NO SUL DE MINAS GERAIS, BRASIL

#### RESUMO

Os padrões de sobreposição de nicho alimentar entre três espécies de aves insetívoras de chão foram investigados, com base em itens de sua dieta, dados de sua morfologia (massa corporal e comprimento do bico) e disponibilidade de invertebrados na serrapilheira em um fragmento de Mata Atlântica no sul do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. Foram capturados indivíduos das espécies *Conopophaga lineata* (Conopophagidae, n=32), *Myiothlypis leucoblephara* (Parulidae, n=71) e *Pyriglena leucoptera* (Thamnophilidae, n=15), dos quais foram obtidas, respectivamente, 28, 75 e 14 amostras fecais, onde foram identificados fragmentos de 15 grupos de artrópodes, além de ootecas, ovos de insetos e sementes. Hymenoptera Formicidae foi o táxon predominante nas dietas de *M. leucoblephara* e *C. lineata*, seguido por Coleoptera e Araneae, respectivamente. Com relação aos índices de importância alimentar (IA), Formicidae foi o item mais importante na dieta de *C. lineata*, enquanto que para *M. leucoblephara* o táxon de maior importância foi Coleoptera. Na dieta de *Pyriglena leucoptera* o item mais consumido foi Coleoptera, seguido por Formicidae e Araneae, sendo este último o táxon de maior importância alimentar para a espécie. Apesar das diferenças na ocorrência e proporções dos tipos de artrópodes consumidos pelas aves, a sobreposição de nicho entre os três insetívoros foi acima da esperada ao acaso (sobreposição = 0,794; p observado  $\leq$  esperado = 0,001), não havendo também diferenças na largura de seus nichos (p > 0,05). O teste de Kruskal Wallis apontou diferenças significativas no tamanho das aves (massa corporal e comprimento do bico) e tamanho das presas consumidas por elas (p < 0,001), no entanto, o teste *a posteriori* não revelou diferenças para essas variáveis entre *C. lineata* e *P. leucoptera*, espécies mais próximas morfologicamente. A análise de regressão múltipla apontou uma relação positiva entre a massa corporal e tamanho das presas, onde aves maiores consumiram também os maiores invertebrados. Os resultados mostram que não houve separação de nicho entre os insetívoros de chão, com base nos tipos de presas consumidas. Por outro lado, o consumo diferencial do tamanho de presas apontou uma segregação de nicho entre *M. leucoblephara* e as outras duas maiores espécies, *C. lineata* e *P. leucoptera*, no entanto, esse padrão não foi observado entre essas, possivelmente em função de suas proximidades morfológicas.

Palavras-chave: Aves, Mata Atlântica, sobreposição alimentar, insetívoros de chão, nicho.

## ABSTRACT

### FOOD NICHE OVERLAP BETWEEN THREE SPECIES OF THE GROUND INSECTIVOROUS BIRDS IN A FOREST FRAGMENT, SOUTH OF MINAS GERAIS, BRAZIL

The food niche overlap patterns of three species of ground insectivorous birds were investigated, based on diet items, on their morphology (body mass and beak length) and availability of invertebrates in the litter in a fragment of Atlantic Rain Forest at the South of the state of Minas Gerais, Southeastern Brazil. Were captured individuals of *Conopophaga lineata* (Conopophagidae, n = 32), *Myiothlipis leucoblephara* (Parulidae, n = 71) and *Pyriglena leucoptera* (Thamnophilidae, n = 15), and collected 28, 75 and 14 fecal samples respectively. Was identified fragments of 15 arthropods groups, oothèques, insect eggs and seeds as well. Hymenoptera Formicidae was predominant taxon in the *M. leucoblephara* and *C. lineata* diets, followed by Coleoptera and Araneae, respectively. Regarding food importance indexes (IA), Formicidae was the most important item in *C. lineata* diet, while Coleoptera was the most important taxon for *M. leucoblephara*. In the diet of *P. leucoptera* the most consumed item was Coleoptera, followed by Formicidae and Araneae, this being the most important food taxon for the species. Despite the differences in the occurrence and proportions of the types of arthropods consumed by birds, the niche overlap was above of expected by chance (overlap = 0.794; p observed  $\leq$  expected = 0.001). Moreover, there was no difference of the niche width between the species (p > 0.05). The Kruskal Wallis test showed significant differences in the birds size (body mass and bill length) and the prey size consumed by them (p < 0.001). However, *a posteriori* test did not revealed differences between *C. lineata* and *P. leucoptera*, morphologically close species. The multiple regression analysis showed a positive relationship between body mass and prey size, where larger birds consumed the larger invertebrates. The results show that there was not niche separation between the ground insectivorous, based on the prey types consumed. On the other hand, the differential consumption of prey size indicated a niche segregation between *M. leucoblephara* and the other two major species, *C. lineata* and *P. leucoptera*, however, this pattern was no observed among these, possibly as a function of their morphological proximity.

Keywords: Birds, Atlantic Rain Forest, food overlap, ground insectivorous, niche.

## INTRODUÇÃO

A fragmentação de áreas florestais nas últimas décadas, especialmente da Mata Atlântica (Myers, *et al.*, 2000), tem aumentado a competição por recursos entre espécies que coexistem localmente. Em virtude desta limitação de recursos, é comum a sobreposição de nicho entre espécies simpátricas, especialmente entre aquelas que exploram o mesmo micro-habitat ou que apresentam características morfológicas muito próximas (Churchfield *et al.* 1999; Motta-Júnior, 2006, Manhães *et al.*, 2015), fazendo com que a diferenciação de nicho muitas vezes ocorra em função do consumo diferencial de presas (Stiles, 1995; Radford & Du Plessis, 2003; Costa *et al.*, 2008, Manhães *et al.*, 2015).

As espécies de aves insetívoras compreendem uma das guildas mais numerosas no sub-bosque de Florestas Tropicais e se encontram distribuídas nos diferentes estratos da vegetação, onde exploram micro-habitats diversos em busca de alimento (Naoki, 2007; Mansor & Mohd Sah, 2012). Essas aves podem selecionar os locais de forrageamento, como folhagem, solo, troncos e galhos de árvores conforme seus hábitos alimentares e disponibilidade dos recursos (Blake & Hoppes, 1986; Naranjo & Ulloa, 1997; Develey & Peres, 2000), apresentando, muitas vezes, preferência quanto ao tipo e tamanho das presas consumidas (Quinney & Ankney, 1985; Chesser, 1995).

Os insetívoros terrestres estão entre as espécies da Mata Atlântica com maior especificidade de habitat e por serem extremamente sensíveis à fragmentação, apresentam dificuldades em transpor áreas desmatadas (Mestre *et al.*, 2010; Mansor & Mohd Sah, 2012), tendendo a desaparecer de paisagens com poucos remanescentes florestais (Develey & Metzger, 2005). Essas características, no entanto, podem ser úteis em pesquisas sobre ecologia trófica envolvendo essas espécies, uma vez que os fluxos de populações de aves desse estrato vegetativo entre fragmentos florestais são, geralmente, pouco frequentes e de baixa intensidade (Marini, 2010; Yabe *et al.*, 2010).

A despeito da importante contribuição que estudos sobre as relações de nicho entre pequenos vertebrados possam gerar para a implementação de práticas conservacionistas (Burger *et al.* 1999), poucos são aqueles que investigam as relações entre espécies de aves insetívoras e seus recursos alimentares nos estratos mais baixos de florestas (Chesser 1995; Holmes & Robinson 1988; Mestre *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2011; Manhães & Dias, 2011). Além disso, tais estudos geralmente avaliam a resposta de aves à variação espacial e temporal dos recursos (Gomes & Silva, 2002; McMartin *et al.*, 2002; Manhães & Dias,

2011), permanecendo ainda fragmentados vários aspectos associados à sobreposição de nicho e partição de recursos alimentares entre espécies de aves insetívoras (Lopes *et al.*, 2006; Mestre *et al.*, 2010; Manhães *et al.*, 2015).

O objetivo deste estudo foi investigar as relações de sobreposição de nicho trófico entre três espécies de aves insetívoras que habitualmente consomem artrópodes no chão, *Conopophaga lineata* (Wied, 1831) (Conopophagidae), *Myiothlypis leucoblephara* (Vieillot, 1817) (Parulidae) e *Pyrrhuloxia leucoptera* (Vieillot, 1818) (Thamnophilidae), que co-ocorrem em um fragmento de floresta estacional semidecídua, no sul do estado de Minas Gerais. Foram utilizados dados de sua dieta, morfologia e disponibilidade de artrópodes na serrapilheira, a fim de testar se esses três insetívoros apresentam diferenciação de seus nichos alimentares em função dos tipos (em geral táxons) ou tamanhos das presas consumidas. E, neste último caso, se essa diferenciação está relacionada à massa corporal e/ou tamanho de seus bicos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **MORFOMETRIA DAS AVES**

Para as análises morfométricas foram tomadas as medidas de comprimento de bico (cúlmen exposto) com auxílio de paquímetro (precisão de 0,05 mm) e para obtenção da massa corporal utilizou-se dinamômetro de mão (Pesola ®) de 50 g, sendo todas as medidas efetuadas segundo padrões descritos por Sick (1997). Dados de massa corporal e comprimento do bico são medidas regularmente utilizadas em estudos relacionando a morfologia de espécies de aves ao tamanho das presas (Hespenheid, 1971; Keast *et al.*, 1995; Rardford & DuPlessis, 2003). Além disso, Wiens (1989) investigando as relações entre vários caracteres morfológicos de aves e o tamanho de suas presas, constatou que o comprimento do bico, assim como a massa corporal, foram os únicos caracteres que apresentaram um padrão consistente com o tamanho dos invertebrados consumidos.

### **AMOSTRAGEM DE INVERTEBRADOS**

Para coleta dos invertebrados foram retiradas amostras de serrapilheira em quadrantes de (0,60 m x 0,60 m), medidos com o auxílio de uma trena e fixados com estacas de madeira e barbante. Dentro de cada quadrante, foi coletada toda a serrapilheira manualmente com auxílio de luvas de couro, a fim de se evitar possíveis acidentes. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e lacrados. Foram coletadas oito amostras de serrapilheira, em cada ponto, ao longo da linha de rede, sendo os lados direito e esquerdo amostrados alternadamente a cada visita aos pontos. As coletas foram realizadas a uma distância de três a cinco metros perpendiculares ao centro das redes. O material coletado foi acondicionado em freezer por, pelo menos 24h antes da triagem, que foi realizada manualmente em bandejas plásticas (30 cm x 50 cm) utilizando-se o método de observação visual com auxílio de pinças. Houve um esforço amostral de 45 minutos por saco. Os invertebrados capturados foram acondicionados em frascos, devidamente identificados, contendo álcool (70%). Posteriormente, com o auxílio de microscópio-estereoscópico, os invertebrados foram contados, medidos e identificados até o menor nível taxonômico possível de acordo com a literatura (Triplehorn & Johnson, 2011).

## ANÁLISE DA DIETA

Tipos de presas consumidas: Para a análise da dieta foram utilizadas amostras fecais. Este constitui um método quase tão efetivo quanto as análises de conteúdo estomacal e uso de eméticos, além de possuir uma vantagem sobre as demais técnicas por ser um método não invasivo (Ralph *et al.*, 1985; Carlisle & Holberton, 2006). Para a obtenção das amostras fecais, as aves foram mantidas dentro de sacolas de pano (20 x 30 cm) por, no máximo, 20 minutos. As amostras foram depositadas em frascos contendo álcool (70%) devidamente identificados. Em laboratório, as amostras foram diluídas em água fervente e posteriormente, coadas. Após a secagem, o material foi analisado sob microscópio-estereoscópico (10x40), sendo as presas identificadas até o menor nível taxonômico possível (ordem e família) de acordo com Triplehorn & Johnson (2011). As estruturas encontradas nas amostras foram comparadas àquelas dos invertebrados coletados no campo para facilitar a identificação dos táxons. Além disso, informações complementares, para identificação dos fragmentos, foram obtidas através da literatura (Burger *et al.*, 1999; Gomes *et al.*, 2001; Manhães & Dias, 2011; Triplehorn & Johnson, 2011).

Tamanho das presas consumidas: O comprimento total das presas consumidas foi obtido a partir dos tamanhos dos fragmentos identificados encontrados nas amostras fecais (medidos sobre papel milimetrado em microscópio estereoscópico), aplicados em equações de regressão linear (Manhães & Dias, 2008; Lima *et al.*, 2011), construídas para os grupos taxonômicos (ordem ou família) mais numerosos e representativos da dieta. Para isso, primeiramente, o comprimento corporal dos invertebrados coletados no campo foi relacionado ao comprimento ou largura de algumas de suas estruturas (ex: largura da cabeça, comprimento das asas ou mandíbulas), o que foi determinado com auxílio de paquímetro digital (precisão de 0,01 mm) (Lima *et al.*, 2011). A partir desses dados, as equações de regressão linear para a obtenção do comprimento total dos invertebrados da dieta foram calculadas da seguinte maneira:  $y = a + b \cdot x$ , onde  $y$  é o comprimento corporal e  $x$  é o comprimento ou largura da estrutura. Para determinar o número mínimo de presas em cada amostra, foram considerados cor, tamanho, forma e número de estruturas pares como mandíbulas e asas, ou ímpares, como cabeças (Durães & Marini, 2005).

Sobreposição de nicho x composição da dieta: Com base nos itens alimentares encontrados na dieta, a sobreposição de nicho foi calculada por meio do índice de Pianka

(1973):  $O_{jk} = \sum(p_{ij}p_{ik}) / \sqrt{(\sum p_{ij}^2)(\sum p_{ik}^2)}$  onde  $O_{jk}$  é a sobreposição entre as

espécies  $j$  e  $k$  (de 0 a 1),  $p_{ij}$  e  $p_{ik}$  são as proporções do recurso  $i$  na dieta das espécies  $j$  e  $k$ , respectivamente, para composição da dieta em termos de táxons. A proporção dos itens na dieta foi substituída pelo índice de importância alimentar (AI), de acordo com Durães & Marini (2005),  $AI = (RO_i \times \overline{RA}_i / \sum_{i=1}^n (RO_i \times \overline{RA}_i)) \times 100$ . Onde:

$RO_i$  = ocorrência relativa por amostra da categoria  $i$  na dieta;

$RA_i$  = abundância relativa do item  $i$  em uma amostra  $n$ ;

$\overline{RA}_i$  = abundância relativa média.

Este índice foi utilizado para corrigir a importância de itens encontrados abundantemente, mas esporadicamente na dieta, como espécies de formigas e cupins que ocorrem, geralmente, de forma agregada, e também daqueles itens registrados frequentemente, mas sempre em quantidades pequenas.

A sobreposição observada foi comparada com um modelo nulo gerado a partir de 1000 aleatorizações da sobreposição obtidas com o algoritmo de randomização RA3, que retém a amplitude de nicho de uma espécie, mas randomiza um estado do recurso em particular (Gotelli & Ellison, 2013), usando-se o pacote EcoSimR.

Amplitude de Nicho: A largura de nicho foi calculada usando o índice de Levins (Levins, 1968):  $Bx = 1/\sum p_i^2$ , onde

“B” é a largura de nicho da espécie “x” ;

“pi” é a proporção do do item “i” na dieta da espécie  $x$ .

Neste caso, a proporção dos itens na dieta também foi substituída pelo índice de importância alimentar (AI). Além disso, um conjunto de pseudo-valores foi obtido pelo método Jackknife, de acordo com Jaksic (2000). Os pseudo-valores de amplitude de nicho e as massas corporais das aves foram comparados pelo teste Kruskal-Wallis, utilizando o software PAST v. 3.01 (Hammer *et al.*, 2001).

Massa corporal e tamanho do bico x tamanho das presas: Os tamanhos de presas consumidas, obtidas por meio das equações de regressão linear para cada espécie, foram comparados entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, e também pelo teste a posteriori de Dunn, utilizando o software PAST v. 3.01 (Hammer *et al.*, 2001). O mesmo foi feito para os dados de massa corporal e comprimento do bico das aves. Foi realizada ainda uma análise de regressão múltipla com os dados de tamanho de presa, massa corporal e tamanho de bico envolvendo as três espécies utilizando-se o pacote Stats para R.

## RESULTADOS

Foram registradas 163 capturas de 118 indivíduos, sendo 32 indivíduos de *Conopophaga lineata* (Conopophagidae) (04 recapturas), 71 indivíduos de *Myiothlypis leucoblephara* (Parulidae) (36 recapturas) e 15 indivíduos de *Pyriglena leucoptera* (Thamnophilidae) (05 recapturas), dos quais foram obtidas, respectivamente, 28, 75 e 14 amostras fecais, onde foram identificados fragmentos de 15 grupos de artrópodes, além ootecas e ovos de insetos (Tabela 1).

O número de grupos de artrópodes encontrado nas dietas variou entre as três espécies, sendo 10 para *P. leucoptera*, 11 para *C. lineata*, até 13 para *M. leucoblephara*, excluindo aqui ovos e ootecas, sendo que os táxons proporcionalmente mais abundantes na dieta dos três insetívoros foram os mesmos. Hymenoptera Formicidae foi o táxon predominante nas dietas de *M. leucoblephara* e *C. lineata*, que apresentaram também na sequência um predomínio de Coleoptera e Araneae respectivamente. Embora a importância alimentar desses itens (IA) tenha se apresentado na mesma sequência para *C. lineata*, Coleoptera teve uma importância alimentar maior do que Formicidae na dieta de *M. leucoblephara* (Tabela 1). Por outro lado, o item mais abundante na dieta de *P. leucoptera* foi Coleoptera, seguido por Formicidae e Araneae, que embora tenha sido o terceiro item mais consumido, foi o que apresentou a maior importância alimentar na dieta da espécie (Tabela 1).

Foram coletados 1194 invertebrados nas amostras de serrapilheira, distribuídos em 27 categorias taxonômicas além de alguns indivíduos indeterminados (Tabela 2). Os táxons mais abundantes foram Hymenoptera Formicidae (364), seguido por Araneae (167), larvas de insetos (166) e Blattodea (146) respectivamente. Sendo que esses quatro táxons representaram mais de 70% de todos os invertebrados coletados no campo (Tabela 2).

**Tabela 1.** Composição da dieta de três espécies de aves insetívoras em uma área de Mata Atlântica no sudeste do Brasil, com base em amostras fecais.

| Itens alimentares          | <i>Miyothlypis leucoblephara</i> |      |      |                                | <i>Conopophaga lineata</i> |      |      |                                | <i>Pyriglena leucoptera</i> |      |      |                                | TOTAL |
|----------------------------|----------------------------------|------|------|--------------------------------|----------------------------|------|------|--------------------------------|-----------------------------|------|------|--------------------------------|-------|
|                            | Freq                             | %    | IA   | Intervalo de tamanho em mm (n) | Freq                       | %    | IA   | Intervalo de tamanho em mm (n) | Freq                        | %    | IA   | Intervalo de tamanho em mm (n) |       |
| Orthoptera                 | 17                               | 3,2  | 1,1  | 3,23-10,10 (15)                | 11                         | 5,7  | 1,8  | 3,22-10,10 (11)                | 6                           | 6,4  | 2,4  | 6,83-10,92 (6)                 | 34    |
| Blattodea                  | 14                               | 2,6  | 0,6  | 0,65-736 (12)                  | 10                         | 5,2  | 5,2  | 7,36-18,91 (2)                 | 3                           | 3,2  | 1,4  | 6,46-7,36 (2)                  | 27    |
| Isoptera                   | 9                                | 1,7  | 0,2  | 4,46-6,51 (7)                  | 6                          | 3,1  | 0,5  | 3,77 -6,51 (3)                 | 4                           | 4,3  | 0,9  | 7,20 (1)                       | 19    |
| Dermaptera                 | -                                | -    | -    | -                              | -                          | -    | -    | -                              | 1                           | 1,1  | 1,1  | 3,39 (1)                       | 1     |
| Mantodea                   | 2                                | 0,4  | 0,0  | -                              | -                          | -    | -    | -                              | -                           | -    | -    | -                              | 2     |
| Hemiptera Heteroptera      | 9                                | 1,7  | 0,8  | 2,65-5,16 (5)                  | 2                          | 1,0  | 0,3  | 4,75 (1)                       | 1                           | 1,1  | 0,1  | -                              | 12    |
| Hemiptera não-heteroptera  | 5                                | 0,9  | 0,2  | -                              | -                          | -    | -    | -                              | -                           | -    | -    | -                              | 5     |
| Coleoptera                 | 103                              | 19,2 | 47,2 | 1,72-10,93 (74)                | 48                         | 25,0 | 26,3 | 3,14-11,22 (39)                | 31                          | 33,0 | 25,3 | 1,72-11,22 (28)                | 182   |
| Hymenoptera não-Formicidae | 38                               | 7,1  | 3,2  | 1,90-4,63 (38)                 | -                          | -    | -    | -                              | 3                           | 3,2  | 0,1  | 3,26-3,95 (3)                  | 41    |
| Hymenoptera Formicidae     | 274                              | 51,0 | 28,7 | 1,88-8,88 (273)                | 83                         | 43,2 | 54,3 | 2,38-12,38 (79)                | 26                          | 27,7 | 22,9 | 2,38-10,88 (26)                | 383   |
| Ovos de insetos            | 4                                | 0,8  | 0,1  | 0,5-1,2 (4)                    | -                          | -    | -    | -                              | -                           | -    | -    | -                              | 4     |
| Larvas de insetos          | 12                               | 2,2  | 0,6  | 5,34-7,39 (11)                 | 2                          | 1,0  | 0,2  | 5,68 (2)                       | -                           | -    | -    | -                              | 14    |
| Araneae                    | 45                               | 8,4  | 17,4 | 3,48-8,46 (21)                 | 14                         | 7,3  | 11,1 | 4,73-8,46 (4)                  | 18                          | 19,2 | 40,7 | 4,73-14,07 (11)                | 77    |
| Pseudoscorpiones           | -                                | -    | -    | -                              | 1                          | 0,5  | 0,0  | 2,38 (1)                       | 1                           | 1,1  | 6,2  | 2,47 (1)                       | 2     |
| Diplopoda                  | -                                | -    | -    | -                              | 1                          | 0,5  | 0,1  | -                              | -                           | -    | -    | -                              | 1     |
| Curculionideo              | 4                                | 0,8  | 0,0  | 2,72-3,82 (4)                  | 1                          | 0,5  | 0,0  | 3,27 (1)                       | -                           | -    | -    | -                              | 5     |
| Ooteca                     | 1                                | 0,2  | 0,0  | -                              | 2                          | 1,0  | 0,2  | 1,3 (1)                        | -                           | -    | -    | -                              | 3     |
| Rubiaceae                  | -                                | -    | -    | -                              | 11                         | 5,7  | -    | -                              | -                           | -    | -    | -                              | 11    |
| Total                      | 537                              | 100  |      |                                | 192                        | 100  |      |                                | 94                          | 100  |      |                                | 823   |

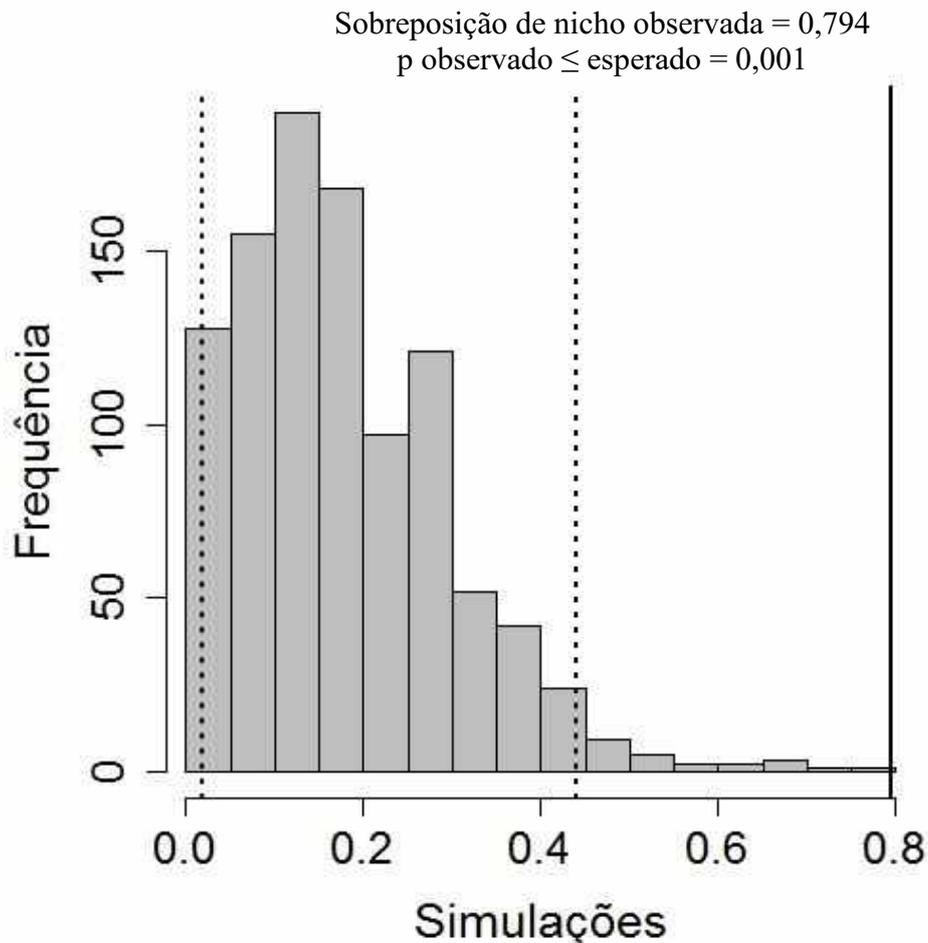
Freq. = frequência alimentar; IA = Índice de importância alimentar; n = número de presas com tamanhos obtidos em equações de regressão linear.

\*= sementes.

**Tabela 2** – Frequência e porcentagem dos invertebrados encontrados na dieta dos três insetívoros e no campo – Serrapilheira.

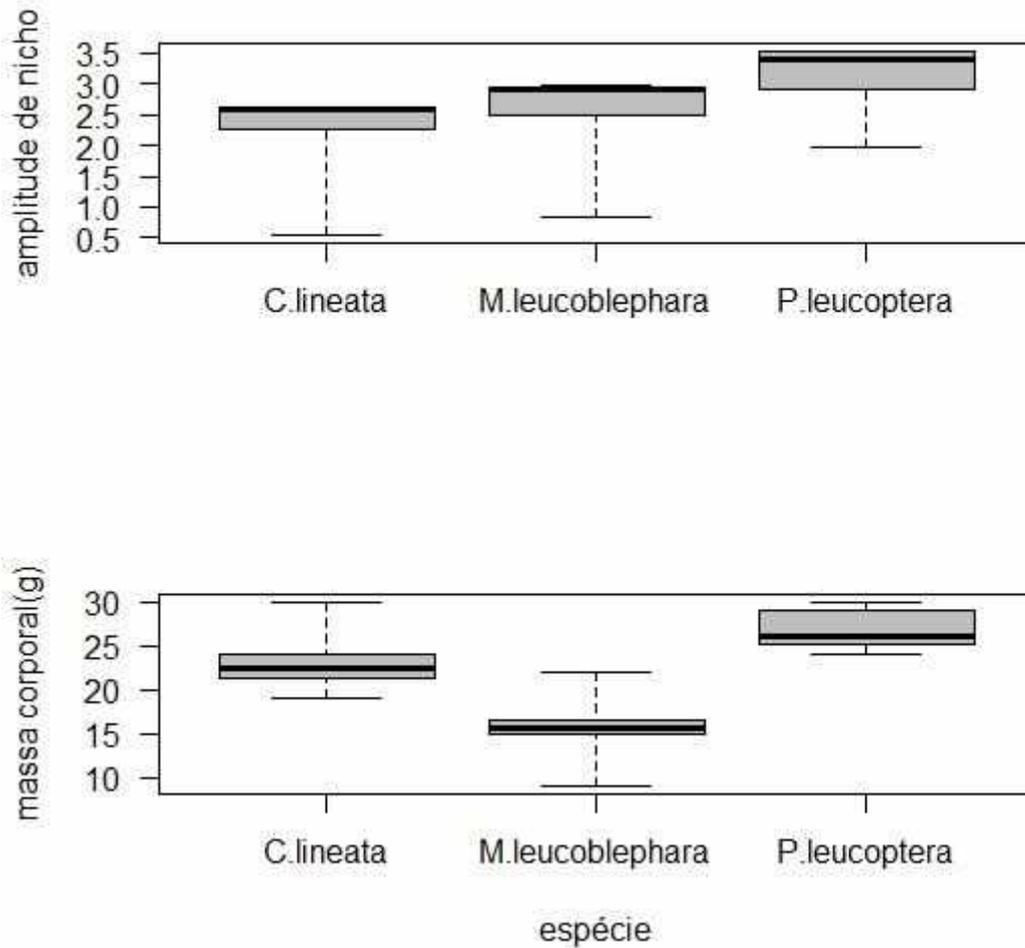
| Itens alimentares          | Dieta      |      | Serrapilheira |      |
|----------------------------|------------|------|---------------|------|
|                            | Frequência | %    | Frequência    | %    |
| Molusco (concha)           | -          | -    | 16            | 1,3  |
| Orthoptera                 | 34         | 4,1  | 9             | 0,8  |
| Dermaptera                 | 1          | 0,1  | 9             | 0,8  |
| Mantodea                   | 2          | 0,2  | -             | -    |
| Blattodea                  | 27         | 3,3  | 146           | 12,2 |
| Isoptera                   | 19         | 2,3  | 78            | 6,5  |
| Hemiptera Heterorptera     | 12         | 1,5  | 5             | 0,4  |
| Hemiptera não Heteroptera  | 5          | 0,6  | 5             | 0,4  |
| Neuroptera                 | -          | -    | 12            | 1,0  |
| Coleoptera                 | 182        | 22,2 | 83            | 7,0  |
| Curculionideo              | 5          | 0,6  | 5             | 0,4  |
| Diptera                    | -          | -    | 2             | 0,2  |
| Lepdoptera                 | -          | -    | 1             | 0,1  |
| Hymenoptera não Formicidae | 41         | 5,0  | 16            | 1,3  |
| Hymenoptera Formicidae     | 383        | 46,7 | 364           | 30,5 |
| Acari                      | -          | -    | 1             | 0,1  |
| Araneae                    | 77         | 9,4  | 167           | 14,0 |
| Larva de insetos           | 14         | 1,7  | 166           | 13,9 |
| Ninfa                      | -          | -    | 14            | 1,2  |
| Pupa                       | -          | -    | 41            | 3,4  |
| Ovos de insetos            | 4          | 0,5  | -             | -    |
| Ooteca de insetos          | 3          | 0,4  | -             | -    |
| Indeterminados             | 9          | 1,1  | 5             | 0,3  |
| Carrapato                  | -          | -    | 1             | 0,1  |
| Chilopoda                  | -          | -    | 1             | 0,1  |
| Collembola                 | -          | -    | 12            | 1,0  |
| Diplopoda                  | 1          | 0,1  | 9             | 0,8  |
| Diplura                    | -          | -    | 2             | 0,2  |
| Isopoda                    | -          | -    | 11            | 0,9  |
| Opiliones                  | -          | -    | 6             | 0,5  |
| Pseudoescorpiones          | 2          | 0,2  | 7             | 0,6  |
| Total                      | 821        | 100  | 1194          | 100  |

As espécies apresentaram alta sobreposição de nicho quando analisado o tipo de presas consumidas (sobreposição = 0,794), sendo o valor observado bem mais alto do que o esperado ( $p \text{ observado} \leq \text{esperado} = 0,001$ ) (Figura 1).



**Figura 1.** Sobreposição de nicho de Pianka entre três espécies de aves insetívoras de chão, *Conopophaga lineata*, *Miyothlypis leucoblephara* e *Pyriqlena leucoptera*, baseada nos itens alimentares (táxons) encontrados na dieta (1000 simulações). Linhas pontilhadas verticais representam intervalo de confiança de 95%. Linha inteira vertical corresponde ao valor de sobreposição observado (0,794).

A comparação entre os dados do índice de Levins e da massa corporal demonstram que a massa não influencia na amplitude de nicho das três espécies de insetívoros de chão ( $p > 0,05$ ) (Figura 2).



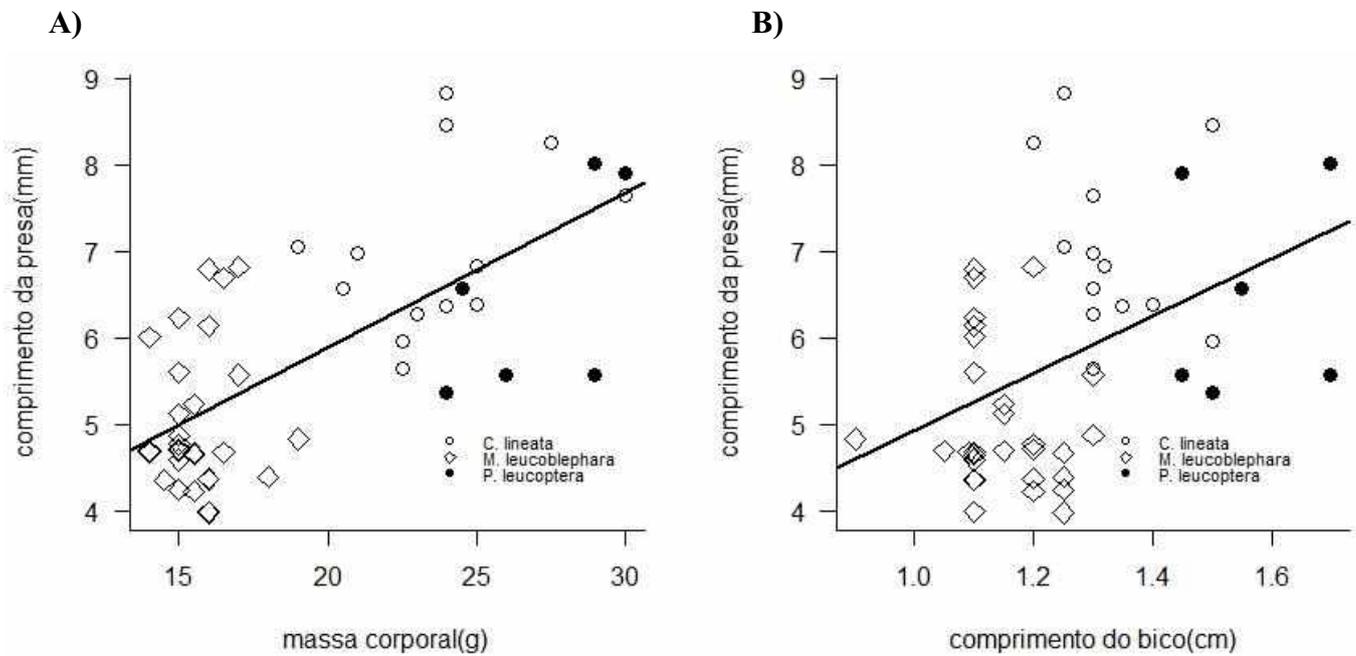
**Figura 2.** Comparação entre as massas corporais e as amplitudes de nicho de três espécies de aves insetívoras de chão. *Conopophaga lineata*, *Myiothlypis leucoblephara* e *Pyriglena leucoptera*.

O teste de Kruskal-Wallis apontou diferenças significativas nos tamanhos das presas consumidas pelos três insetívoros (K.W. = 23,17; g.l.= 2;  $p < 0,001$ ). Da mesma forma, a comparação dos dados de massa corporal (K.W. = 34,4; g.l.= 2;  $p < 0,001$ ) e tamanho do bico entre as três espécies foi significativamente distinta para o teste *a priori* (K.W. = 30,74; g.l.= 2;  $p < 0,001$ ). O teste de Dunn apresentou diferenças significativas entre os dados de massa corporal e tamanho de presas consumidas por *M. leucoblephara* em relação aos dados obtidos para *C. lineata* e *P. leucoptera* ( $p < 0,001$ ), sendo que a primeira espécie foi significativamente menor do que as outras duas, consumindo também os menores invertebrados. Este mesmo teste, no entanto, não mostrou diferenças significativas entre os dados de *C. lineata* e *P. leucoptera*, tanto com relação às presas consumidas ( $p = 0,3801$ ), quanto com relação aos dados morfométricos aqui avaliados ( $p > 0,05$ ), sugerindo não haver segregação de nicho alimentar entre essas espécies com maior proximidade morfológica.

A análise de regressão múltipla sugere uma relação positiva entre massa corporal das aves e tamanho das presas consumidas ( $p < 0,001$ ), por outro lado, essa relação não foi observada quando avaliado o comprimento do bico das aves ( $p > 0,05$ ) (Tabela 3; Figura 3).

**Tabela 3.** Valores da regressão múltipla entre massa corporal (MC), comprimento do bico (CB) e tamanho das presas consumidas pelas três espécies de aves insetívoras.  $R^2 = 0,4984$ ; g.l.= 45.  $F_{2,45} = 22,36$  ( $p = 1,81e-7$ ).

|            | <b>Estimado</b> | <b>Erro Padrão</b> | <b>Valor - t</b> | <b>Valor - p</b> |
|------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------|
| Intercepto | 3,66741         | 1,09224            | 3,358            | 0,00161          |
| MC         | 0,22365         | 0,04201            | 5,324            | 3,11e-06         |
| CB         | -1,77630        | 1,2511             | -1,419           | 0,16289          |



**Figura 3.** Regressão múltipla para **A)** comprimento das presas consumidas (mm) e massa corporal das aves (g) e **B)** Comprimento das presas consumidas (mm) e comprimento do bico (cm), entre três espécies de aves insetívoras *Conopophaga lineata*, *Myiothlypis leucoblephara* e *Pyriglena leucoptera*.

## DISCUSSÃO

Dentre as três espécies investigadas, *Conopophaga lineata* foi a única a apresentar sementes na dieta, enquanto que *Miyothlypis leucoblephara* e *Pyriglena leucoptera* apresentaram uma dieta exclusivamente insetívora. Em geral, os três insetívoros consumiram grandes proporções de artrópodes pertencentes a táxons naturalmente abundantes em florestas tropicais, como Hymenoptera Formicidae, Araneae e Coleoptera (Pearson & Derr, 1985; Mestre *et al.*, 2010; Manhães & Dias, 2008; Lima *et al.*, 2009; Lima *et al.*, 2011). De fato, a soma destes táxons representou mais da metade de todos os invertebrados coletados nas amostras de serrapilheira, sugerindo que sua maior representatividade na dieta dessas espécies seja, possivelmente, resultado de um comportamento oportunista.

As três espécies consumiram predominantemente Hymenoptera Formicidae e Coleoptera. Sendo que esses táxons também representaram os itens de maior importância alimentar (IA) na dieta de dois dos três insetívoros, *Conopophaga lineata* e *M. leucoblephara*. Conforme dados de disponibilidade de artrópodes em florestas tropicais, esses grupos de invertebrados destacam-se entre os mais numerosos (Poulin *et al.*, 1994; Manhães & Dias, 2008; Lima *et al.*, 2009; Lima *et al.*, 2011) podendo representar cerca de 50% dos táxons disponíveis no solo (Lima *et al.*, 2011). De fato, neste estudo, Hymenoptera Formicidae representou cerca de 30% de todos os artrópodes coletados, sendo o táxon mais numeroso nas amostras de serrapilheira, o que poderia explicar, em parte, a maior incidência desses invertebrados na dieta das espécies. Não obstante, formigas são insetos sociais, cuja ocorrência é geralmente relatada em grande número, o que pode favorecer o maior consumo desses artrópodes (Poulin & Lefebvre 1997; Durães & Marini, 2005; Lopes *et al.*, 2005). Além disso, vale ressaltar que duas dessas espécies, *C. lineata* e *P. leucoptera*, possuem o hábito de seguir correições de formigas (Willis *et al.*, 1983; Gomes *et al.*, 2001; Faria, 2006), o que aumenta a probabilidade de ingeri-las juntamente com outras presas, ainda que de forma acidental.

Apesar de pouco abundante nas amostras de serrapilheira, Coleoptera foi o táxon mais representativo na dieta de *P. leucoptera* e o segundo mais numeroso nas dietas de *C. lineata* e *M. leucoblephara*, sendo ainda o item de maior importância alimentar para esta última espécie. Esses resultados corroboram dados de diferentes trabalhos realizados anteriormente, descrevendo a dieta de espécies de aves da Mata Atlântica, onde Formicidae e Coleoptera foram apontados como os táxons predominantes na dieta dos

três insetívoros (Gomes *et al.*, 2001; Durães & Marini, 2005; Lopes *et al.*, 2005; Lima *et al.*, 2011; Manhães *et al.*, 2015). Além disso, estudos investigando os hábitos alimentares de *M. leucoblephara*, revelaram que a espécie consome esses dois táxons em proporções ainda maiores do que sua disponibilidade no ambiente, sendo que Formicidae e Coleoptera ocuparam, respectivamente, os 2 primeiros *hanks* de preferência na dieta da espécie em detrimento dos demais táxons (Capítulo I). Embora a alta incidência desses invertebrados na dieta de aves insetívoras seja geralmente atribuída à sua maior disponibilidade (Poulin *et al.*, 1994; Manhães & Dias, 2008; Lima *et al.*, 2009; Lima *et al.*, 2011), suas proporções nas amostras fecais devem ser cuidadosamente interpretadas, uma vez que ambos os táxons possuem estruturas rígidas, de fácil identificação e difícil digestão, o que pode resultar numa possível superestimativa de sua real abundância nas amostras fecais (Durães & Marini, 2005, Lopes *et al.*, 2005).

Araneae foi o terceiro táxon mais bem representado na dieta das três espécies, sendo também o item de maior importância alimentar para *P. leucoptera*. A frequência de aranhas na dieta pode ser, mais uma vez, um reflexo da maior disponibilidade, dado que este foi o segundo táxon mais numeroso na serrapilheira. De fato, estudos mostram que Araneae compreende um dos táxons mais abundantes na entomofauna tropical (Manhães & Dias, 2008; Lima *et al.*, 2009; Mestre *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2011) e é provável que espécies que forrageiam no solo ou próximas dele, se beneficiem de sua grande disponibilidade neste substrato (Chapman & Rosenberg, 1991; Gomes *et al.*, 2001).

Apesar do caráter oportunista observado na dieta dos três insetívoros, especialmente em relação aos três táxons descritos acima, alguns itens alimentares muito frequentes no campo foram pouco consumidos. Larvas de insetos, por exemplo, terceiro item mais numeroso nas amostras de serrapilheira, foi registrado apenas nas dietas de *M. leucoblephara* e *C. lineata* e em baixas proporções. Embora este item possa ser uma fonte alternativa de alimento neste substrato, especialmente durante a fase de pupação, quando migram para o solo, larvas geralmente ocupam os estratos mais altos, já que dependem de grandes quantidades de biomassa verde para se alimentarem (Murakami, 2002) e seu grande número nas amostras de campo pode ter sido influenciado por seu hábito gregário, superestimando sua real disponibilidade, uma vez que em uma única amostra de serrapilheira, coletada no mês de maio de 2016, foram registrados 76 indivíduos. Embora seja comumente registrado na dieta de *C. lineata* e apontado, em alguns estudos, como um dos itens de maior importância alimentar para a espécie (Durães & Marini, 2005;

Lopes *et al.*, 2005; Lima *et al.*, 2010; Manhães *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2011), larvas são pouco frequentes na dieta de *M. leucoblephara* (Lopes *et al.*, 2005; Manhães *et al.*, 2010; Manhães *et al.*, 2015) e raramente registradas na dieta de *P. leucoptera* (Gomes *et al.*, 2001; Lopes, *et al.*, 2005), sugerindo que este item não possui grande relevância na alimentação dessas duas espécies.

Blattodea foi outro táxon pouco frequente nas dietas, embora numeroso nas amostras de campo (12,33%). Apesar de representar uma presa potencialmente lucrativa, dada sua disponibilidade, trata-se de um invertebrado alado e muito ágil, o que deve lhe propiciar maior habilidade para escapar de predadores quando comparado à maioria dos demais invertebrados comuns na serrapilheira. Além disso, relatos do comportamento alimentar das três espécies, mostram que, geralmente, capturam presas quando empoleiradas ou em vôos curtos e ocasionais (Willis *et al.*, 1983; Mendonça-Lima *et al.*, 2004; Faria, 2006), o que parece mais adequado à captura de presas como Coleoptera, Formicidae, Larvas de insetos (Manhães, *et al.*, 2015) e aranhas.

Em geral, os dados de composição da dieta dos três insetívoros corroboram informações de estudos anteriores, especialmente em relação às proporções dos táxons mais numerosos, sendo que pequenas diferenças estiveram relacionadas à presença ou ausência de táxons pouco frequentes tais como Dermaptera, Mantodea, Diptera, Lepidoptera, Pseudoescorpiones, Opiliones entre outros (Gomes *et al.*, 2001; Durães & Marini, 2005; Lopes *et al.*, 2005; Lima *et al.*, 2010; Manhães *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2011; Manhães *et al.*, 2015). Essas variações podem estar relacionadas ao número de amostras investigadas em cada estudo (Manhães *et al.*, 2015), uma vez que há uma maior probabilidade de se encontrar novos itens, mesmo que em pequenas proporções, num número maior de amostras. É o caso do estudo realizado por Gomes *et al.* (2001), que encontraram 15 diferentes táxons em 29 amostras de regurgito de *P. Leucoptera*, sendo que 40% destes foram detectados em apenas 1 ou 2 amostras. Por outro lado, Manhães *et al.* (2015) encontraram 13 táxons em apenas 10 amostras fecais de *M. leucoblephara*, porém, cinco destes táxons foram registrados em uma única amostra. Resultado semelhante foi encontrado para a dieta de *C. lineata*, nesse mesmo estudo, no qual oito dos 15 táxons identificados ocorreram em proporções abaixo de 2,0%. Logo, a diferença no consumo de alguns itens pouco frequentes na dieta dessas espécies, relatada em diferentes estudos, parece estar mais relacionada a um consumo ocasional do que a uma questão amostral.

Apesar dos contrastes na dieta dos três insetívoros, as espécies apresentaram uma alta sobreposição de nicho com relação aos tipos de presas consumidas. Embora alguns estudos tenham detectado diferenças na dieta de algumas espécies utilizando dados de identificação de presas até o nível de ordem ou família (Sherry, 1984; Poulin & Lefebvre, 1996; Yard *et al.*, 2004), essa classificação nem sempre fornece o detalhamento necessário para apontar tal resultado, uma vez que essa diferenciação pode estar associada a níveis taxonômicos menores (Sherry, 1984; Poulin & Lefebvre, 1996; Chapman & Rosenberg, 1991; Mestre *et al.*, 2010; Manhães *et al.*, 2015), dificilmente alcançados em material muito fragmentado, como aquele obtido em amostras fecais. Por outro lado, a segregação de nicho trófico pode estar relacionada a uma série de outros fatores como, por exemplo, a exploração diferenciada dos substratos, o uso de táticas específicas de forrageio, bem como o horário de maior atividade e o tempo dispendido nessas atividades (Rodrigues, 1995; Naoki, 2007; Mansor & Mohd Sah, 2012). Portanto, ainda que haja uma forte sobreposição de nicho com relação aos tipos de presas consumidas, a obtenção das mesmas pode ter ocorrido em locais e de maneiras muito distintas.

As variações observadas nas dietas com relação aos tipos e proporções das presas consumidas também não foram suficientes para apontar diferenças ecológicas na largura de nicho entre esses insetívoros de chão. O consumo em grandes proporções de alguns poucos táxons predominantes na serrapilheira, observado na dieta das três espécies, é o que possivelmente determinou a proximidade de suas amplitudes de nicho, reforçando a ideia de oportunismo alimentar. Embora alguns estudos, usando apenas dados de composição da dieta, tenham revelado diferenças na largura de nicho entre espécies com hábitos alimentares semelhantes (McMartin *et al.*, 2002; Riegert *et al.*, 2011; Manhães *et al.*, 2015), alguns autores sugerem que a segregação de nicho entre espécies insetívoras é determinada, principalmente, por parâmetros comportamentais inerentes a cada espécie, que lhes permitem uma exploração diferenciada no espaço-tempo, propiciando um melhor aproveitamento e repartição dos recursos disponíveis nos diferentes substratos (Keast, 1980; Mendonça-Lima *et al.*, 2004; Lopes *et al.* 2006; Mansor & Mohd Sah, 2012).

Apesar de ocuparem os estratos mais baixos da vegetação, forrageando principalmente no chão (Willis, 1983; Sick, 1997; Gomes *et al.*, 2001; Mendonça-Lima *et al.*, 2004), essas espécies podem variar quanto às estratégias e substratos explorados na captura de suas presas. *Pyriglena leucoptera*, por exemplo, apresenta preferência por ambientes de crescimento secundário como bordas e clareiras, nos quais geralmente o

bambu é um componente predominante (Aleixo, 1999; Silva, 2009), ou ainda locais dominados por outras variedades de vegetação igualmente densas, como pteridófitas e emaranhados de lianas (Silva, 2009). Embora *C. lineata* também seja comumente avistada em taquarais, tem sido mais frequentemente associada a agrupamentos de bambu no interior da floresta (Santana & Anjos, 2010) e não chega a ser considerada uma espécie altamente associada a essa vegetação como *P. leucoptera* (Silva, 2009). Além disso, Manhães & Dias (2011) não obtiveram diferenças nas capturas de *C. lineata* em pontos distintos da mesma floresta, embora tenham constatado diferenças na estrutura da vegetação, sugerindo que essa espécie é mais generalista quanto ao uso dos substratos. *Myiothlypis leucoblephara*, por sua vez, forrageia comumente na ramagem, em poleiros verticais, onde usa uma ampla gama de manobras de ataque, forrageando, inclusive, em substratos mais altos, principalmente no verão, quando a competição com espécies aparentadas é menos pronunciada (Mendonça-Lima *et al.*, 2004). Essas particularidades sugerem que a partição de nicho trófico entre esses insetívoros deva ser melhor explicada quando associada a estratégias comportamentais características de cada espécie, especialmente em relação à ocupação espacial diferenciada.

De acordo com os resultados obtidos, o comprimento do bico das aves não parece exercer influência sobre o tamanho das presas que elas consomem, possivelmente em razão do bico mais largo de *C. lineata*, que pode ter influenciado esses resultados. Embora diferenças na morfometria do bico entre espécies que exploram os mesmos recursos alimentares sejam apontadas, em alguns estudos, como um dos fatores responsáveis pelo consumo diferencial de presas (Hespenheide, 1971; Fitzpatrick, 1985), esse padrão nem sempre é observado, devido à grande proximidade morfológica existente entre algumas espécies, fazendo-se necessária a associação a outros fatores para se determinar padrões de segregação de nicho (Lopes *et al.*, 2006; Bissoli *et al.*, 2014). Além disso, estudos dessa natureza considerando outras variáveis, como altura e largura do bico, certamente podem aumentar a probabilidade de encontrar uma possível relação entre esses fatores.

Por outro lado, os resultados apontam uma relação positiva entre tamanho das aves e tamanho das presas consumidas, onde aves com maior massa corporal consumiram também os maiores invertebrados. Embora essa relação entre tamanho de predador e tamanho de presas seja apontada em alguns estudos como um fator preponderante para determinar a segregação de nicho trófico entre espécies que apresentam os mesmos hábitos alimentares (Peters, 1983; Calder, 1996; Churchfield *et al.*, 1999), ela não foi aqui suficiente para determinar uma separação de nicho entre as espécies mais próximas

morfologicamente, no caso, *C. lineata* e *P. leucoptera*. As massas corporais, bem como o tamanho de bico dessas duas espécies não foram significativamente distintos entre elas, o que possivelmente refletiu em sua dieta, cujos itens alimentares tiveram, em geral, o mesmo tamanho. Não obstante, ambas apresentaram diferenças significativas quando comparadas à *M. leucoblephara*, espécie menor, que consumiu, em consequência, os menores invertebrados, o que resultou numa segregação de nicho entre essa espécie e os outros dois insetívoros aqui estudados, sugerindo que esse padrão de partição de nicho, em função do tamanho de presas, é melhor definido entre espécies de aves cujas diferenças nas massas corporais são mais acentuadas.

Além disso, ainda que a relação positiva entre tamanho corporal e amplitude de nicho pareça ser um padrão generalizado na biologia populacional (Peters, 1983; Calder, 1996; Churchfield *et al.*, 1999), algumas espécies, capazes de pregar invertebrados potencialmente maiores, nem sempre o fazem e consomem preferencialmente presas numa faixa de tamanho menor do que aquela disponível no ambiente (Lima *et al.*, 2009; Manhães *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2011). Lima *et al.* (2011), em seu estudo avaliando os *hanks* de preferência alimentar de presas consumidas por *C. lineata*, observaram que a espécie consumiu preferencialmente presas na faixa de tamanho entre 5,0 e 7,5 mm, embora também consumisse invertebrados maiores. O mesmo foi observado para *M. leucoblephara*, neste estudo, que embora tenha consumido invertebrados até maiores que 10 mm, apresentou preferência por invertebrados entre 2,0 e 4,0 mm (capítulo I). Da mesma forma outros estudos investigando a dieta de insetívoros de folhagem também revelaram preferência por tamanhos de artrópodes (Manhães *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2009), sendo que em um deles essa preferência também não esteve relacionada às maiores presas encontradas na dieta (Lima *et al.*, 2009). Portanto, embora os resultados deste estudo não tenham revelado uma segregação de nicho entre *C. lineata* e *P. leucoptera* em função do tamanho das presas consumidas, estudos de preferência alimentar para *P. leucoptera* poderiam apontar diferenças entre os nichos alimentares dessas duas espécies baseado no consumo seletivo de presas.

Os resultados deste estudo mostram que as variações na composição da dieta dos três insetívoros, em termos de táxons, não foram suficientes para determinar uma segregação de nicho entre elas, posto que houve uma forte sobreposição e nenhuma diferenciação na amplitude de seus nichos. Por outro lado, este estudo corrobora dados de outras pesquisas ao revelar uma estreita relação entre o tamanho das aves e tamanho das presas consumidas. No entanto ressalva que essa relação, por si só, não foi suficiente

para determinar uma partição de nicho entre as espécies morfologicamente muito próximas.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALEIXO, A. 1999. Effects of selective logging on a bird community in the Brazilian Atlantic Forest. *The Condor*. 101(3): 537-548.

BISSOLI L. B.; SOUZA M. M. & ROPER, J. J. 2014. Espécies da família Tyrannidae partilham espaço de forrageio em um fragmento de Mata Atlântica, Brasil? *Natureza on line*. 12(5): 235-239.

BLAKE, J. G. & HOPPES, W. G. 1986. Influence of resource abundance on use of tree-fall gaps by birds in an isolated woodlot. *The Auk*. 103(2): 328-340.

BURGER, J.C.; PATTEN, M.A.; ROTENBERRY, J.T. & REDAK, R.A. 1999. Foraging ecology of the California gnatcatcher deduced from fecal samples. *Oecologia*. 120: 304-310.

CALDER, W.A. 1996. *Size, function, and life history*. Dover Publications, Mineola, NY.

CARLISLE, J. D. & HOLBERTON, R. L. 2006. Relative efficiency of fecal versus regurgitated samples for assessing diet and deleterious effects of a tartar emetic on migratory birds. *Journal of Field Ornithology*. 77(2): 126–175.

CHAPMAN, A. & ROSENBERG, K.V. 1991. Diets of four sympatric amazonian woodcreepers (Dendrocolaptidae). *The Condor*. 93(4): 904-915.

CHESSER, R. T. 1995. Comparative diets of obligate ant-following birds at a site in northern Bolivia. *Biotropica*. 27(3): 382-390.

CHURCHFIELD, S., NESTERENKO, V. A. & SHVARTS, E. A. 1999. Food niche overlap and ecological separation amongst six species of coexisting forest shrews

- (Insectivora: Soricidae) in the Russian Far East. *Journal of Zoology*. 248: 349-359.
- COSTA, G.C.; VITT, L.J.; PIANKA, E.R.; MESQUITA, D.O. & COLLI, G.R., 2008. Optimal foraging constrains macroecological patterns: body size and dietary niche breadth in lizards. *Global Ecology and Biogeography*. 17(5): 670-677.
- DEVELEY, P.F. & PERES, C.A. 2000. Resource seasonality and the structure of mixed species bird flocks in a coastal Atlantic forest of southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*. 16: 33-53.
- \_\_\_\_\_ & METZGER, J. P. 2005. Birds in Atlantic forest landscape: effects of forest cover and configuration. In: LAURANCE, W. & PERES, C. A (Ed.) *Emerging threats to tropical forests*. Chicago: University of Chicago. 34p.
- DURÃES, R. & MARINI M.A. 2005. A quantitative assessment of bird diets in the Brazilian Atlantic forest, with recommendations for future diet studies. *Ornitologia Neotropical*. 16: 65–83.
- FARIA, C. M. A. 2006. Comunicação e forrageamento de *Pyriglena leucoptera* (Passeriformes: Thamnophilidae) em bandos associados às formigas-de-correição em um fragmento de Mata Atlântica, Minas Gerais, Brasil. Dissertação de mestrados. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 133 pp.
- FITZPATRICK, J.W. 1985. Form, foraging behavior, and adaptative radiation in the Tyrannidae. *Ornithological Monographs*. 36: 447-470.
- GOMES, V. S. M.; ALVES, V. S. & RIBEIRO, J. R. I. 2001. Itens alimentares encontrados em amostras de regurgitação de *Pyriglena leucoptera* (Vieillot) (Aves, Thamnophilidae) em uma floresta secundária no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Zoologia*. 18(4): 1073–1079.
- GOMES V. S. M. & SILVA, W. R. 2002. Spacial variation in understory frugivorous birds in na Atlantic Forest fragmente of southeastern Brasil. *Ararajuba*. 10(2): 219-225.

- GOTELLI, N. J. & ELLISON, A. M. 2013. EcoSimR 1.00. <http://www.uvm.edu/~ngotelli/EcoSim/EcoSim.html>.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D., 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1): 1-9.
- HESPENHEIDE, H.A., 1971. Food preference and the extent of overlap in some insectivorous birds, with special reference to the Tyrannidae. *The Ibis*. 113(1): 59-72.
- HOLMES, R. T. & ROBINSON, S.K. 1988. Spatial patterns, foraging tactics, and diets of ground-foraging birds in a Northern Hardwoods Forest. *The Wilson Bulletin*. 100(3): 377-394.
- JAKSIC, F., 2000. *Ecología de comunidades*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile. 233 p.
- KEAST, A. 1980. Spatial relationships between migratory parulid warblers and their ecological counterparts in the Neotropics. Pp. 109–130 *in* Keast, A., & E. S. Morton (eds.). *Migrant birds in the Neotropics: ecology, behavior, distribution, and conservation*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- \_\_\_\_\_, PEARCE, L. & SAUNDERS, S. 1995. How convergent is the American Redstart (*Setophaga ruticilla*, Parulinae) with Flycatchers (Tyrannidae) in morphology and feeding behavior? *The Auk*. 112(2): 310-325.
- LEVINS, R., 1968. *Evolution in changing environments*. Princeton: Princeton University Press. 132 p. Monographs in Population Biology, no. 2.
- LIMA, A.L.C. & MANHÃES, M.A., 2009. Hábitos alimentares de *Basileuterus culicivorus* (Aves: Parulidae) em uma área de Mata Atlântica secundária, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*. 9(3): 137-143.

- \_\_\_\_\_ ; MANHÃES, M.A & PIRATELLI, A.J. 2011. Ecologia trófica de *Conopophaga lineata* (Conopophagidae) em uma área de mata secundária no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*. 19(3): 315-322.
- LIMA, C. A.; SIQUEIRA, P. R.; GONÇALVES, R. M. M.; VASCONCELOS, M. F. & LEITE, L, O. 2010. Dieta de aves da Mata Atlântica: uma abordagem baseada em conteúdos estomacais. *Ornitologia Neotropical*. 21: 425-438.
- LOPES, L. E.; FERNANDES, A. M. & MARINI, M. A. 2005. Diet of some Atlantic Forest birds. *Ararajuba*. 13(1):95-103.
- LOPES, E.V.; VOLPATO, G. H.; MENDONÇA, L.B.; FÁVARO, F. L. & DOS ANJOS, L. 2006. Abundância, microhabitat e repartição ecológica de papa-formigas (Passeriformes, Thamnophilidae) na bacia hidrográfica do rio Tibagi, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 23(2):395-403.
- MANHÃES, M.A. & DIAS, M.M. 2008. Diet and feeding preference of the plain antitrogon (*Dysithamnus mentalis*) in the area of Brazilian Atlantic Forest. *Ornitologia Neotropical*. 19: 417-426.
- \_\_\_\_\_ ; LOURES-RIBEIRO, A. & DIAS, M.M., 2010. Diet of understory birds in two Atlantic Forest areas of southeast Brazil. *Journal of Natural History*. 44(7-8): 469-489.
- \_\_\_\_\_ & DIAS, M. M. 2011. Spatial dynamics of understory insectivorous birds and arthropods in a southeastern Brazilian Atlantic woodlot. *Brazilian Journal of Biology*. 47(1): 1-7.
- \_\_\_\_\_ ; DIAS, M. M. & LIMA, A. L. C. 2015. Feeding resource partitioning between two understory insectivorous birds in a fragment of Neotropical cloud forest. *Brazilian Journal of Biology*. 75(4):176-183.

- MANSOR M. S. & MOHD SAH S. A. 2012. Foraging patterns reveal niche separation in tropical insectivorous birds. *Acta ornithologica*. 47(1): 27-36.
- MARINI, M.A., 2010. Bird movement in a fragmented Atlantic Forest landscape. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 45(1): 1-10.
- McMARTIN, B.; BELLOCQ, I. & SMITH, S. M. 2002. Patterns of consumption and diet differentiation for three breeding warbler species during a spruce budworm outbreak. *The Auk*. 119 (1): 216-220.
- MENDONÇA-LIMA, A.; SANDRA M.; HARTZ, S. M. & KINDEL, A. 2004. Foraging behavior of the white-browed (*Basileuterus leucoblepharus*) and the goldencrowned (*B. Culicivorus*) warblers in a semideciduous Forest in southern Brazil. *Ornitologia Neotropical*. 15: 5-15.
- MESTRE, L.A.M.; COHN-HALF, M. & DIAS, M.M. 2010. Diet and prey availability of terrestrial insectivorous birds prone to extinction in Amazonian Forest fragments. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 53 (6): 1371-1381.
- MOTTA-JÚNIOR, J.C. 2006. Relações tróficas entre cinco Strigiformes simpátricas na região central do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*. 14(4): 359-377.
- MURAKAMI, M. 2002. Foraging mode shifts of four insectivorous bird species under temporally varying resource distribution in a Japanese deciduous forest. *Ornithology. Science*. 1:63-69.
- MYERS, N; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA G. A. B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403: 853-858.
- NAOKI, K., 2007. Arthropod resource partitioning among omnivorous tanagers (*Tangara* spp.) in western Ecuador. *The Auk*. 124(1): 197-209.

- NARANJO, L.G. & ULLOA, P.C. 1997. Diversidad de insectos y aves insectívoras de sotobosque en hábitats perturbados de selva lluviosa tropical. *Caldasia*. 19(3): 507-520.
- PEARSON, D.L. & DERR, J.A. 1985. Seasonal patterns of lowland forest floor arthropod abundance in southeastern Peru. *Biotropica*. 18(3): 244-256.
- PETERS, R.H. 1983. The ecological implications of body size. Cambridge University Press, Cambridge.
- PIANKA, E.R. 1973. The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 4: 53-74.
- POULIN, B.; LEFEBVRE, G. & MCNEIL, R. 1994. Diets of land birds from northeastern Venezuela. *Condor*. 96: 354-367.
- \_\_\_\_\_ & LEFEBVRE, G. 1996. Dietary relationships of migrant and resident birds from a humid forest in Central Panama. *The Auk*. 113(2): 277-287.
- \_\_\_\_\_ & LEFEBVRE, G. 1997. Estimation of arthropods available to birds: effect of trapping technique, prey distribution, and bird diet. *Journal of Field Ornithology*. 68: 426-442.
- QUINNEY, T.E. & ANKNEY, C.D. 1985. Prey size selection by three swallows. *The Auk*. 102(2): 245-250.
- RADFORD, A. N. & DU PLESSIS, M. A. 2003. Bill dimorphism and foraging niche partitioning in the green woodhoopoe. *Journal of Animal Ecology*. 72: 258-269.
- RALPH, C.P.; NAGATA, S.E. & RALPH, C.J. 1985. Analysis of droppings to describe diets of small birds. *Journal of Field Ornithology*. 56(2): 165-174.

- RIEGERT, J.; FAINOVA, D.; ANTCZAK, M.; SEDLAČEK, O.; HORÁK, D.; REIF, J. & PESÁTA, M. 2011. Food niche differentiation in two syntopic sunbird species: case study from the Cameroon Mountains. *Journal of Ornithology*. 152:819–825.
- RODRIGUES, M. 1995. Spatial distribution and food utilization among tanagers in southeastern Brazil (Passeriformes: Emberizidae). *Ararajuba*. 3: 27-32.
- SANTANA, C. R. & ANJOS, L. 2010. Associação de aves a agrupamentos de bambu na porção sul da Mata Atlântica, Londrina, estado do Paraná, Brasil. *Biota Neotropica* 10 (2) 1-6.
- SHERRY, T.W., 1984. Comparative dietary ecology of sympatric, insectivorous Neotropical Flycatchers (Tyrannidae). *Ecological Monographs* 54 (3) 313-338.
- SICK, H. 1997. *Ornitologia brasileira. Uma introdução*. Editora Nova Fronteira. Rio de Janeiro, 912p.
- SILVA, C. R. S. 2009. Padrões de ocupação e ocorrência de aves associadas ao bambu na Mata Atlântica do Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, Paraná.
- STILES, F.G. 1995. Behavioral, ecological and morphological correlates of foraging for arthropods by hummingbirds of a Tropical Wet Forest. *The Condor* 97:853-878.
- TRIPLEHORN, C.A. & JOHNSON, N.F. 2011. *Estudo dos insetos*. CENGAGE Learning. São Paulo. 809p.
- WIENS, J. A. 1989. *The ecology of birds communities, vol. 1: Foundations and patterns*. Cambridge University Press. Cambridge. 539 pp.
- WILLIS, E. O.; ONIKI, Y. & SILVA, W. R. 1983. On the behavior of Rufous Gnateaters (*Conopophaga lineata*, Formicariidae). *Naturalia*. 8:67-83.

YABE, R.S., MARQUES, E.J. & MARINI, M.A., 2010. Movements of birds among natural vegetation patches in the Pantanal, Brazil. *Bird Conservation International*. 20(4): 400-409.

YARD, H.K., VAN RIPER, C., BROWN, B.T. & KEARSLEY, M.J. 2004. Diets of insectivorous birds along the Colorado River in Grand Canyon, Arizona. *The Condor*. 106(1): 106-115.

## **CAPÍTULO IV**

**SOBREPOSIÇÃO DE NICHOS TRÓFICOS ENTRE DUAS ESPÉCIES DE ARAPAÇUS, *SITTASOMUS GRISEICAPILLUS* E *XIPHORHYNCHUS FUSCUS*, EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA TROPICAL, SUDESTE DO BRASIL**

## CAPÍTULO IV

### **SOBREPOSIÇÃO DE NICHOS TRÓFICOS ENTRE DUAS ESPÉCIES DE ARAPAÇUS, *SITTASOMUS GRISEICAPILLUS* E *XIPHORHYNCHUS FUSCUS*, EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA TROPICAL, SUDESTE DO BRASIL**

#### **RESUMO**

Foram investigados os hábitos alimentares e a sobreposição de nicho entre duas espécies de arapaçus, *Sittasomus griseicapillus* e *Xiphorhynchus fuscus* (Dendrocolaptinae: Furnariidae), utilizando dados de composição da dieta e morfologia (massa corporal e tamanho do bico), em um fragmento florestal no Sul de Minas Gerais, sudeste do Brasil. Foram capturados 28 indivíduos de *Sittasomus griseicapillus* e 10 indivíduos de *Xiphorhynchus fuscus*, dos quais foram obtidas respectivamente 22 e 10 amostras fecais, onde foram identificados 14 diferentes itens alimentares (fragmentos de 13 grupos de artrópodes, além de ovos de insetos). Coleoptera e Araneae, seguidos por Formicidae, foram os táxons mais representativos na dieta de ambas as espécies, sendo este resultado também observado para o índice de importância alimentar (IA). Apesar das diferenças na proporção e ocorrência dos itens alimentares encontrados na dieta das duas espécies, constatou-se uma alta sobreposição de nicho entre elas ( $p$  observado  $\leq$  esperado = 0.001). Além disso, não apresentaram larguras de nicho distintas ( $p > 0.05$ ), apesar das diferenças significativas em seus tamanhos. A segregação de nicho entre elas não parece estar associada ao consumo diferencial do tamanho de presas, uma vez que não houve correlação entre as medidas de massa corporal e comprimento do bico com o tamanho dos invertebrados consumidos ( $p > 0.05$ ). O comportamento de forrageio generalista atribuído a essas espécies, bem como a disponibilidade de recursos, são apontados aqui como os possíveis fatores a contribuir para sua coexistência.

Palavras-chave: Dendrocolaptinae, sobreposição de nicho, ecologia trófica, floresta tropical, *Sittasomus griseicapillus*, *Xiphorhynchus fuscus*.

## ABSTRACT

### TROPHIC NICHE OVERLAP BETWEEN TWO SPECIES WOODCREEPERS, *SITTASOMUS GRISEICAPILLUS* AND *XIPHORHYNCHUS FUSCUS*, IN A FRAGMENT OF TROPICAL FOREST, SOUTHEASTERN BRAZIL

The feeding habits and niche overlap between two woodcreepers species, *Sittasomus griseicapillus* and *Xiphorhynchus fuscus* (Dendrocolaptinae: Furnariidae), were investigated based on diet composition and morphology data (body mass and bill size), in a fragment forest in Southern of Minas Gerais state, Southeastern Brazil. Were captured 28 individuals of *Sittasomus griseicapillus* and 10 of *Xiphorhynchus fuscus*, of which were analyzed 22 and 10 fecal samples respectively, where 14 different food items (fragments of 13 arthropod groups and insect eggs) were identified. Coleoptera and Araneae, followed by Formicidae, were the most representative taxa in the diet of both species. The same was also observed for the food importance index (AI). Despite the differences in proportion and occurrence of food items found in the diet of both species, a high niche overlap was observed ( $p_{\text{observed}} \leq p_{\text{expected}} = 0.001$ ). The niche segregation between the two species does not appear to be associated with the differential consumption of prey size, since the analyzes did not show any correlation between the body mass and bill size with the invertebrates size consumed ( $p > 0.05$ ). The generalist foraging behavior attributed to these species, as well as the availability of resources, are mentioned here as the main factors contributing to their coexistence.

Keywords: Dendrocolaptinae, niche overlap, trophic niche, tropical forest, *Sittasomus griseicapillus*, *Xiphorhynchus fuscus*.

## INTRODUÇÃO

Arapaços são aves insetívoras da subfamília Dendrocolaptinae (Furnariidae) (Remsen *et al.*, 2016), com distribuição restrita à região Neotropical ocorrendo predominantemente em ambientes florestais (Sick, 1997; Marantz *et al.*, 2003). Essas aves possuem características morfológicas e comportamentais muito semelhantes, e são conhecidas por sua tendência a subir em troncos de árvores em busca de alimento (Sick, 1997; Sigrist, 2006). Apesar dessas semelhanças, apresentam uma ampla gama de comportamentos de forrageio, podendo se juntar a bandos mistos para forragear tanto no dossel quanto no sub-bosque (Munn, 1985; Brandt *et al.*, 2009), explorando diferentes substratos desde superfície de troncos e ramos a aglomerados de folhas mortas (Chapman & Rosenberg, 1991; Parrini & Pacheco, 2010; Parrini & Pacheco, 2011). Além disso, exibem grande plasticidade nas táticas e manobras de forrageio ao capturarem presas em pleno vôo (Poletto *et al.*, 2004; Parrini & Pacheco, 2010; Parrini & Pacheco, 2011).

A preferência deste grupo de aves por ambientes florestais tem levado a um declínio de suas populações ou mesmo extinção local de algumas espécies, em virtude da grande fragmentação e antropização de seus habitats (Marantz *et al.*, 2003; Poletto *et al.*, 2004; Brandt *et al.*, 2009). Estudos realizados na Mata Atlântica do sudeste e sul do Brasil têm atestado o quanto as espécies de arapaços são vulneráveis a essas perturbações (Willis, 1979; Anjos, 1994; Aleixo & Vielliard, 1995; Poletto *et al.* 2004). Embora o grau de vulnerabilidade possa variar entre as espécies de arapaços em função das características dos fragmentos estudados (Willis, 1979; Aleixo & Vielliard 1995, Cândido-Júnior, 2000; Aleixo, 2001), pouco se sabe a respeito dos demais fatores que determinam a sobrevivência ou o desaparecimento das diferentes espécies de arapaços nesses locais (Poletto *et al.* 2004).

*Sittasomus griseicapillus* e *Xiphorhynchus fuscus* estão entre as menores espécies de arapaços ocorrentes no Brasil, sendo a segunda uma espécie endêmica da Mata Atlântica (Sick, 1997). Ambas as espécies apresentam comportamento generalistas com relação à exploração de substratos e sua coexistência é frequentemente registrada em fragmentos florestais (Brooke, 1983; Poletto *et al.*, 2004; Brandt *et al.*, 2009; Parrini & Pacheco, 2010; Parrini & Pacheco, 2011). Poletto *et al.* (2004), investigando a vulnerabilidade de cinco espécies de arapaços à fragmentação de habitats no sul do Brasil, constatou que *S. griseicapillus* e *X. fuscus* estão entre as espécies com maior plasticidade ecológica e capazes de apresentar maior tolerância à fragmentação florestal.

Apesar da necessidade de se compreender melhor as relações de nicho e quais os fatores que possibilitam a coexistência de espécies tão próximas ecologicamente, estudos investigando a partição de nicho alimentar entre espécies de arapaçus, em áreas fragmentadas, tem sido negligenciados (Marantz *et al.*, 2003; Poletto *et al.*, 2004).

Este trabalho visa avaliar as relações de nicho trófico entre *Sittasomus griseicapillus* (Vieillot, 1918) e *Xiphorhynchus fuscus* (Vieillot, 1818), com base em dados de sua dieta e morfologia, em um fragmento de Mata Atlântica no sul do estado de Minas Gerais, Brasil, a fim de testar se sua coexistência local é mediada pelo consumo diferencial de presas e se o nicho trófico, baseado no tamanho das presas dessas espécies, está diretamente relacionado às respectivas massas corporais e/ou morfologia dos seus bicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### MORFOMETRIA DAS AVES

Para as análises morfométricas foram tomadas as medidas de comprimento de bico (cúlmen exposto) com auxílio de paquímetro (precisão de 0,05 mm) e para obtenção da massa corporal utilizou-se dinamômetro de mão (Pesola ®) de 50 g, sendo todas as medidas efetuadas segundo padrões descritos por Sick (1997). Dados de massa corporal e comprimento do bico são medidas regularmente utilizadas em estudos relacionando a morfologia de espécies de aves ao tamanho das presas (Hespenheid, 1971; Keast *et al.*, 1995; Rardford & DuPlessis, 2003). Além disso, Wiens (1989) investigando as relações entre vários caracteres morfológicos de aves e o tamanho de suas presas, constatou que o comprimento do bico, assim como a massa corporal, foram os únicos caracteres que apresentaram um padrão consistente com o tamanho dos invertebrados consumidos.

### ANÁLISE DA DIETA

Tipos de presas consumidas: Para a análise da dieta foram utilizadas amostras fecais. Este constitui um método quase tão efetivo quanto as análises de conteúdo estomacal e uso de eméticos, além de possuir uma grande vantagem sobre as demais técnicas por ser um método não invasivo (Ralph *et al.*, 1985; Carlisle & Holberton, 2006). Para a obtenção das amostras fecais, as aves foram mantidas dentro de sacolas de pano (20 x 30 cm) por, no máximo, 20 minutos. As amostras foram depositadas em frascos contendo álcool (70%) devidamente identificados. Em laboratório, as amostras foram diluídas em água fervente e posteriormente, coadas. Após a secagem, o material foi analisado sob microscópio-estereoscópico (10x40), sendo as presas identificadas até o menor nível taxonômico possível (ordem e família) de acordo com Triplehorn & Johnson (2011). As estruturas encontradas nas amostras foram comparadas àquelas dos invertebrados coletados no campo para facilitar a identificação dos táxons. Além disso, informações complementares, para identificação dos fragmentos, foram obtidas através da literatura (Burger *et al.*, 1999; Gomes *et al.*, 2001; Manhães & Dias, 2011; Triplehorn & Johnson, 2011). Curvas de acumulação de itens alimentares foram geradas utilizando-se o pacote Vegan para R.

Tamanho das presas consumidas: O comprimento total das presas consumidas foi obtido a partir dos tamanhos dos fragmentos identificados encontrados nas amostras fecais (medidos sobre papel milimetrado em microscópio estereoscópico), aplicados em

equações de regressão linear (Manhães & Dias, 2008; Lima *et al.*, 2011), construídas para os grupos taxonômicos (ordem ou família) mais numerosos e representativos da dieta. Para isso, primeiramente, o comprimento corporal dos invertebrados coletados no campo foi relacionado ao comprimento ou largura de algumas de suas estruturas (ex: largura da cabeça, comprimento das asas ou mandíbulas), o que foi determinado com auxílio de paquímetro digital (precisão de 0,01 mm) (Lima *et al.*, 2011). A partir desses dados, as equações de regressão linear para a obtenção do comprimento total dos invertebrados da dieta foram calculadas da seguinte maneira:  $y = a + b \cdot x$ , onde  $y$  é o comprimento corporal e  $x$  é o comprimento ou largura da estrutura. Para determinar o número mínimo de presas em cada amostra, foram considerados cor, tamanho, forma e número de estruturas pares como mandíbulas e asas, ou ímpares, como cabeças (Durães & Marini, 2005).

Sobreposição de nicho x composição da dieta: Com base nos itens alimentares encontrados na dieta, a sobreposição de nicho foi calculada por meio do índice de Pianka (1973):  $O_{jk} = \sum(p_{ij}p_{ik}) / \sqrt{(\sum p_{ij}^2)(\sum p_{ik}^2)}$  onde  $O_{jk}$  é a sobreposição entre as espécies  $j$  e  $k$  (de 0 a 1),  $p_{ij}$  e  $p_{ik}$  são as proporções do recurso  $i$  na dieta das espécies  $j$  e  $k$ , respectivamente, para composição da dieta em termos de táxons. A proporção dos itens na dieta foi substituída pelo índice de importância alimentar (AI), de acordo com Durães & Marini (2005),  $AI = (RO_i \times \overline{RA}_i / \sum_{i=1}^n (RO_i \times \overline{RA}_i)) \times 100$ . Onde:

$RO_i$  = ocorrência relativa por amostra da categoria  $i$  na dieta;

$RA_i$  = abundância relativa do item  $i$  em uma amostra  $n$ ;

$\overline{RA}_i$  = abundância relativa média.

Este índice foi utilizado para corrigir a importância de itens encontrados abundantemente, mas esporadicamente na dieta, como espécies de formigas e cupins que ocorrem, geralmente, de forma agregada, e também daqueles itens registrados frequentemente, mas sempre em quantidades pequenas.

A sobreposição observada foi comparada a um modelo nulo gerado a partir de 1000 aleatorizações da sobreposição obtidas com o algoritmo de randomização RA3, que retém a amplitude de nicho de uma espécie, mas randomiza um estado do recurso em particular (Gotelli & Ellison, 2013), usando-se o pacote EcoSimR.

Amplitude de Nicho: A amplitude de nicho foi calculada usando o índice de Levins (Levins, 1968):  $Bx = 1/\sum p_i^2$ , onde

“B” é a amplitude de nicho da espécie “x”;

“ $p_i$ ” é a proporção do do item “ $i$ ” na dieta da espécie  $x$ .

Neste caso, a proporção dos itens na dieta também foi substituída pelo índice de importância alimentar (AI). Além disso, um conjunto de pseudo-valores foi obtido pelo método Jackknife, de acordo com Jaksic (2000). Os pseudo-valores de amplitude de nicho e as massas corporais das aves foram comparados pelo teste de Mann-Whitney, utilizando o pacote EcoSimR (Gotelli & Ellison, 2013).

Massa corporal e tamanho do bico x tamanho das presas: Os tamanhos de presas consumidas obtidas por equações de regressão linear foram comparados às massas corporais e ao comprimento do bico das aves, separadamente, para o teste de Mann-Whitney, utilizando o pacote EcoSimR (Gotelli & Ellison, 2013).

## RESULTADOS

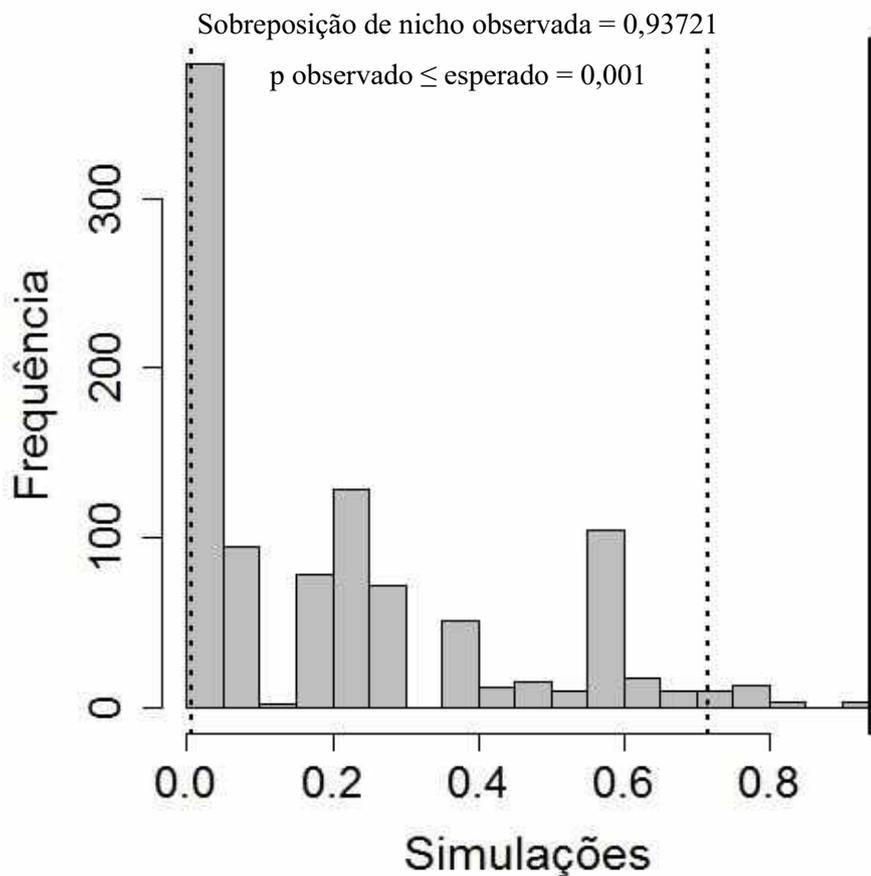
Houve um total de 52 capturas de 38 indivíduos, sendo 28 indivíduos de *S. griseicapillus* com 10 recapturas e 10 indivíduos de *X. fuscus*, com 04 recapturas, dos quais foram obtidas, respectivamente, 22 e 10 amostras fecais. Identificou-se nas amostras um total de 14 diferentes itens alimentares (13 categorias taxonômicas de presas além de ovos de insetos), sendo Coleoptera, Araneae e Hymenoptera Formicidae os táxons mais representativos na dieta de ambas as espécies, resultados também observados quando avaliado o índice de importância alimentar (IA) (Tabela 1).

**Tabela 1** – Composição da dieta de duas espécies de arapaçus (Dendrocolaptinae), com base em amostras fecais, num fragmento de floresta no Sul de Minas Gerais.

| Itens alimentares          | <i>Sittasomus griseicapillus</i> |      |      |                     | <i>Xiphorhynchus fuscus</i> |      |      |                     | TOTAL<br>Freq. | TOTAL<br>% |
|----------------------------|----------------------------------|------|------|---------------------|-----------------------------|------|------|---------------------|----------------|------------|
|                            | Freq.                            | %    | IA   | Var. Tam.<br>mm (n) | Freq.                       | %    | IA   | Var. Tam.<br>mm (n) |                |            |
| Araneae                    | 15                               | 14,0 | 21,2 | 4,1-7,2 (4)         | 13                          | 25,0 | 35,5 | 3,4-14,7 (8)        | 28             | 17,6       |
| Coleoptera                 | 38                               | 35,5 | 50,8 | 2,1-5,4 (16)        | 18                          | 34,6 | 36,8 | 2,1-5,4 (6)         | 56             | 35,2       |
| Formicidae                 | 25                               | 23,4 | 20,8 | 2,6-10,1 (20)       | 11                          | 21,2 | 23,5 | 4,6-5,1 (3)         | 36             | 22,6       |
| Hymenoptera não Formicidae | 6                                | 5,6  | 1,5  | 0,7-5,7 (5)         | -                           | -    | -    | -                   | 6              | 3,8        |
| Hemiptera Heteroptera      | 2                                | 1,9  | 0,4  | -                   | 3                           | 5,8  | 1,9  | -                   | 5              | 3,1        |
| Hemiptera não Heteroptera  | 2                                | 1,9  | 0,3  | 6,7 (1)             | 1                           | 1,9  | 0,2  | -                   | 3              | 1,9        |
| Orthoptera                 | 1                                | 0,9  | 0,1  | -                   | -                           | -    | -    | -                   | 1              | 0,6        |
| Mantodea                   | 1                                | 0,9  | 0,0  | -                   | -                           | -    | -    | -                   | 1              | 0,6        |
| Blattodea                  | 8                                | 7,5  | 4,1  | -                   | 2                           | 3,9  | 0,8  | -                   | 10             | 6,3        |
| Larva de inseto            | 3                                | 2,8  | 0,5  | 2,05-5,7 (3)        | 1                           | 1,9  | 0,3  | 5,7 (1)             | 4              | 2,5        |
| Isoptera                   | 1                                | 0,9  | 0,0  | -                   | -                           | -    | -    | -                   | 1              | 0,6        |
| Curculionídeo              | 3                                | 2,8  | 0,2  | -                   | 1                           | 1,9  | 0,2  | -                   | 4              | 2,5        |
| Pseudoescorpiones          | 1                                | 0,9  | 0,1  | 0,8 (1)             | -                           | -    | -    | -                   | 1              | 0,6        |
| Ovos                       | 1                                | 0,9  | 0,0  | 1 (1,0)             | 2                           | 3,9  | 0,9  | 0,6-0,7 (2)         | 3              | 1,9        |
| Total                      | 107                              | 100  | 100  |                     | 52                          | 100  | 100  |                     | 159            | 100        |

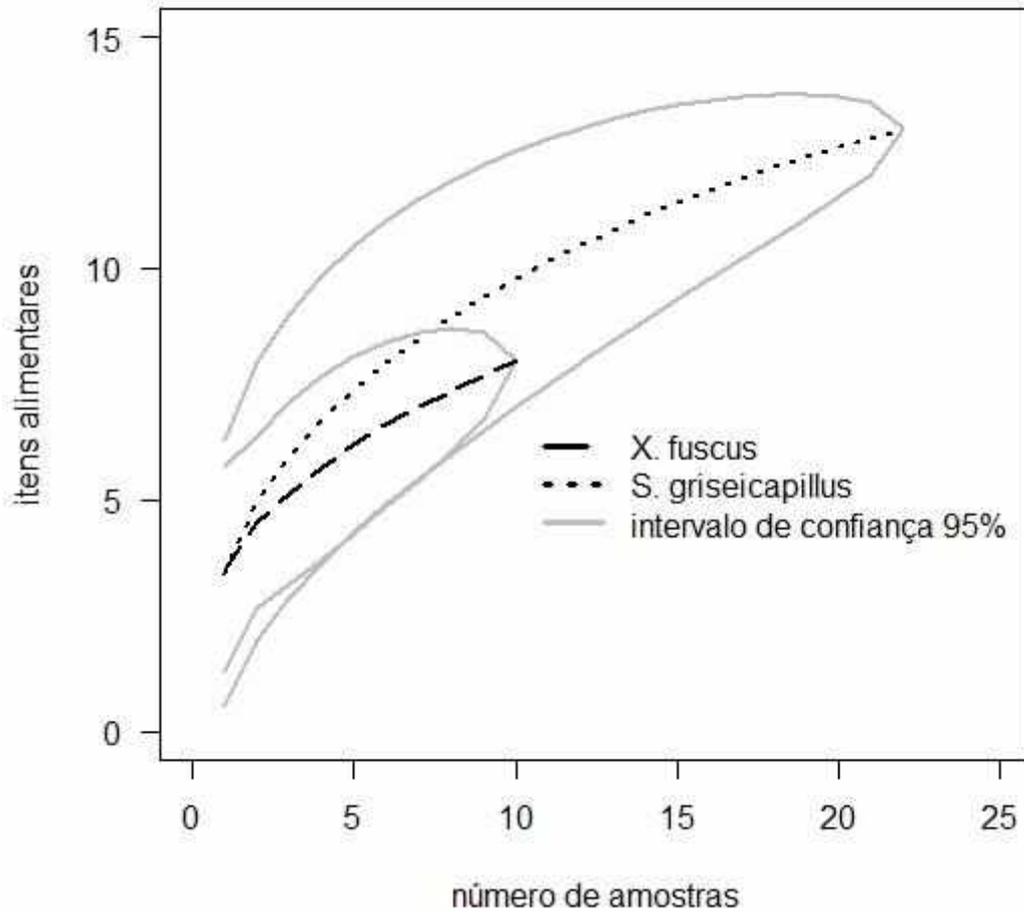
Freq. = frequência; IA = índice de importância alimentar; Var. Tam = variação do tamanho das presas consumidas; n = número de presas com tamanhos obtidos por meio das equações de regressão linear.

A sobreposição de nicho foi significativa entre as duas espécies de arapaçus, quando analisado o tipo de presas consumidas (sobreposição = 0,93721;  $p$  observado  $\leq$  esperado = 0,001) (Figura 1).



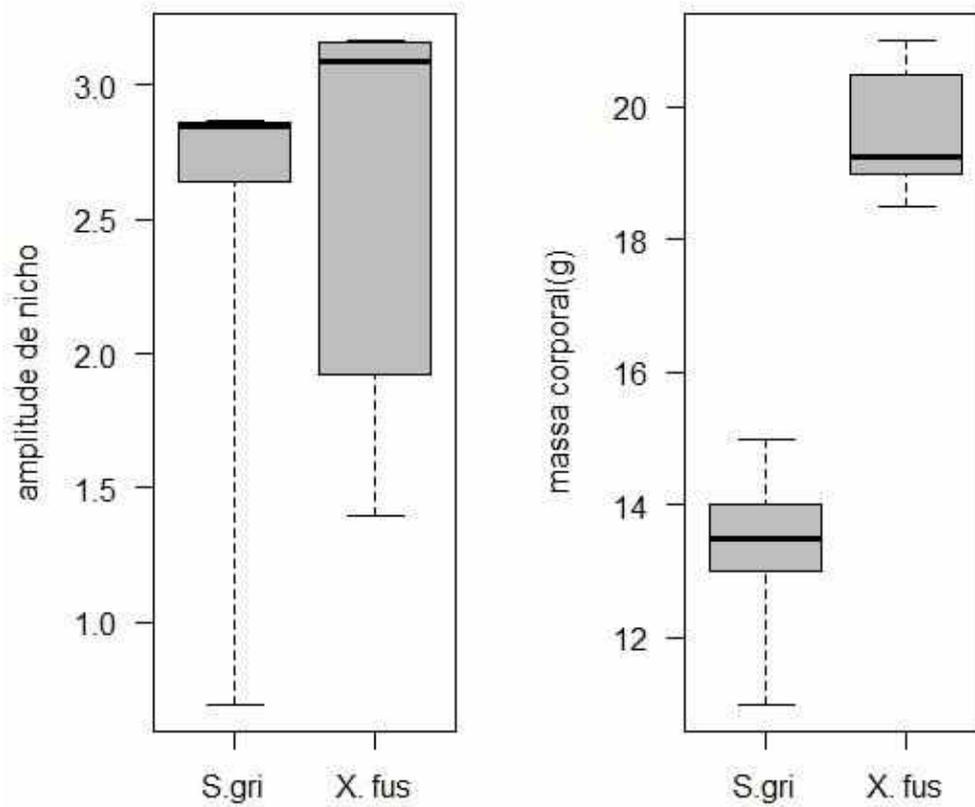
**Figura 1.** Sobreposição de nicho de Pianka entre duas espécies de aves insetívoras, subfamília Dendrocolaptinae, *Sittasomus griseicapillus* e *Xiphorhynchus fuscus*, baseada nos tipos de presas encontradas na dieta (1000 simulações). Linhas pontilhadas verticais representam intervalo de confiança de 95%. Linha inteira vertical corresponde ao valor de sobreposição observado (0,93721).

As curvas de acumulação de itens alimentares para grupos de artrópodes não chegaram a alcançar uma assíntota, ou seja, não se estabilizaram dentro dos limites das amostras fecais obtidas para cada espécie (Figura 2).



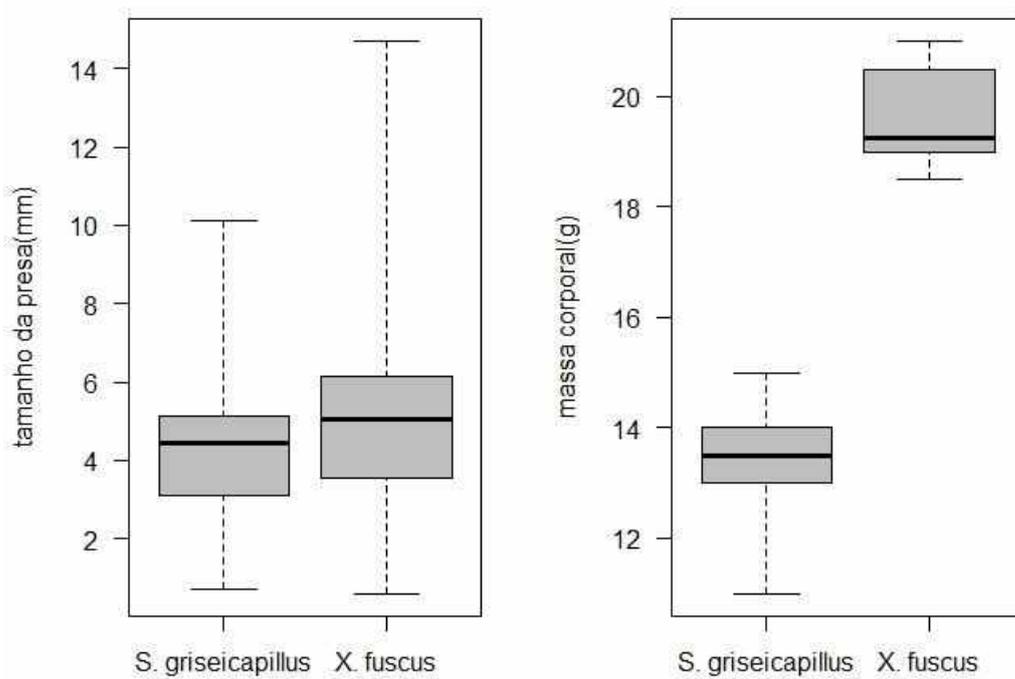
**Figura 2.** Curvas de acumulação de itens alimentares consumidos por *Sittasomus griseicapillus* (n=22) e *Xiphorhynchus fuscus* (n=10), baseadas em dados de amostras fecais num fragmento de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil.

A comparação entre os dados do índice de Levins e da massa corporal demonstram que a massa não influencia na amplitude de nicho das duas espécies de arapaçus ( $p > 0,05$ ) (Figura 3).

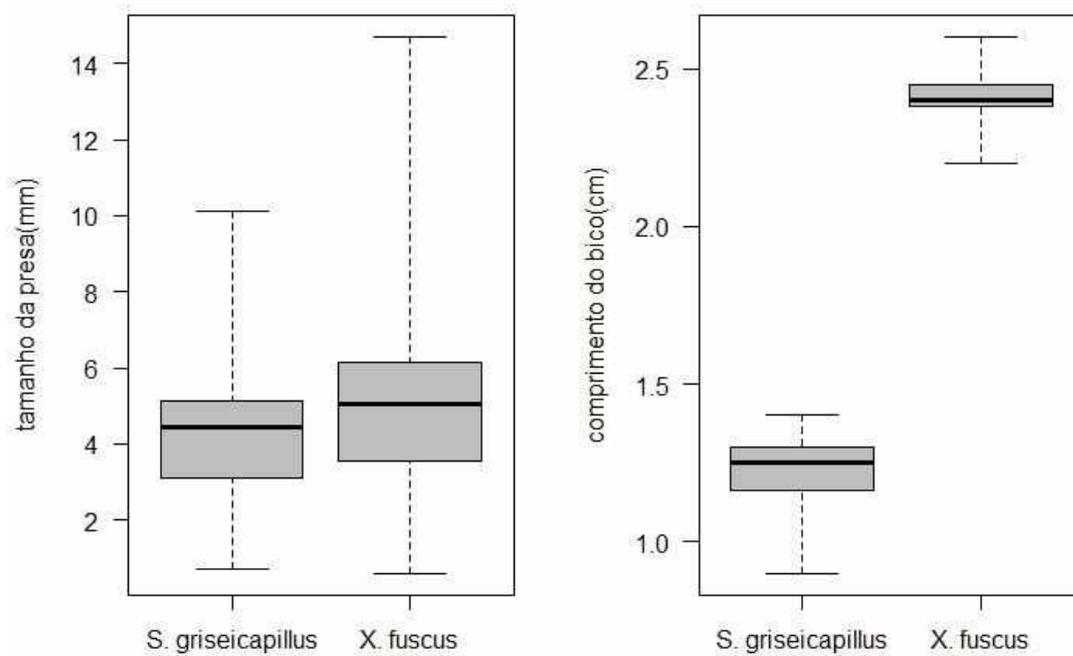


**Figura 3.** Comparação entre a massa corporal e a amplitude de nicho de *Sittasomus griseicapillus* (S.gri) e *Xiphorhynchus fuscus* (X.fus). Indicando diferenças apenas entre as massas corporais.

*Xiphorhynchus fuscus* apresentou massa corporal significativamente maior do que *Sittasomus griseicapillus* ( $p < 0,01$ ). O mesmo foi observado para os tamanhos de bico entre as duas espécies ( $p < 0,01$ ). Apesar disso, não foi observado resultado similar em relação ao tamanho das presas consumidas por essas espécies ( $p > 0,05$ ; Figuras 4 e 5), sugerindo não haver relação entre essas medidas e o tamanho das presas consumidas pelas duas espécies de arapaçus.



**Figura 4.** Comparação entre a massa corporal de *Sittasomus griseicapillus* e *Xiphorhynchus fuscus* e o tamanho das presas consumidas. Indicando diferenças apenas entre as massas corporais.



**Figura 5.** Comparação entre o comprimento do bico de aves e os tamanhos das presas consumidas por *Sittasomus griseicapillus* e *Xiphorhynchus fuscus*. Indicando diferenças apenas entre os comprimentos de bico.

## DISCUSSÃO

A dieta das duas espécies de arapaçus foi exclusivamente insetívora e embora tenham apresentado algumas variações quanto ao número de grupos de artrópodes consumidos, 14 grupos para *S. griseicapillus* e nove grupos para *X. fuscus*, revelaram grande semelhança entre os táxons mais comuns e proporcionalmente mais abundantes. Coleoptera, Hymenoptera Formicidae e Araneae foram os táxons mais representativos e também com maior importância alimentar (IA) para ambas as espécies, sendo que Coleoptera foi o táxon mais numeroso tanto para *S. griseicapillus* quanto para *X. fuscus*, representando cerca de 35% de suas dietas, com uma importância alimentar ainda maior para *S. griseicapillus*. Esses resultados corroboram dados de pesquisas anteriores, onde Coleoptera aparece como o item mais frequente na dieta de diferentes espécies de arapaçus (Chapman & Rosenberg, 1991; Durães & Marini, 2005; Lopes *et al.*, 2005; Lima *et al.*, 2010; Kupriyanov, 2013), sendo sua frequência associada à maior disponibilidade desse táxon no ambiente. De fato, a grande representatividade de Coleoptera, assim como de Hymenoptera Formicidae, na dieta pode estar associada à maior abundância desses invertebrados na fauna entomológica tropical (Poulin & Lefebvre, 1997; Johnson, 2000; Durães & Marini, 2005; Manhães & Dias, 2008; Manhães *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2017), o que sugere um comportamento oportunista, uma vez que investir em itens naturalmente mais abundantes pode ser, neste caso, mais vantajoso do que selecionar determinados tipos de presas. Por outro lado, deve-se ter cautela ao examinar as proporções desses itens, pois a natureza rígida de algumas de suas estruturas, que são pouco digeríveis e facilmente identificáveis, pode superestimar a abundância dos mesmos na dieta das aves em detrimento dos demais táxons (Durães e Marini, 2005; Lopes *et al.*, 2005).

Araneae também foi um item bem representado na dieta dos dois arapaçus, em especial para *X. fuscus*, cuja importância alimentar foi tão alta quanto à de Coleoptera, item mais consumido e proporcionalmente mais abundante. Marini *et al.* (2002), em um estudo no nordeste de Minas Gerais, investigando o conteúdo estomacal de quatro indivíduos da espécie (2 adultos e 2 filhotes), relataram que Araneae foi o único item presente em todas as amostras e também o mais numeroso entre todos os táxons encontrados. Embora tenha sido um estudo descritivo, reforça a necessidade de se conhecer a real importância deste táxon na dieta da espécie. Não obstante, Araneae também se destaca entre os táxons mais abundantes no sub-bosque de florestas tropicais (Manhães & Dias, 2008, Mestre *et al.*, 2010; Souto, 2010; Lima *et al.*, 2011) e sua ampla ocorrência poderia ser uma das justificativas para sua maior representatividade na dieta.

Por outro lado, é importante considerar que investir neste tipo de item pode ser de fato lucrativo para esse grupo de aves, sugerindo, inclusive, questões adaptativas, uma vez que a abundância de aranhas, especialmente as tecedoras, parece estar estritamente associada à densidade de árvores, que fornece uma gama maior de substratos propícios à fixação de teias, principalmente no interior de ambientes florestais (Uetz, 1991; Oliveira-Alves *et al.*, 2005). Portanto, não se pode descartar uma possível especialização ou preferência dessas aves por aranhas, sem que haja primeiro uma avaliação da distribuição destes invertebrados nos diferentes substratos explorados por arapaçus, bem como do seu comportamento de forrageio em relação à seleção ou não de determinados tipos de presas.

Algumas pesquisas apontam Orthoptera como um item frequente na dieta de arapaçus (Chapman & Rosenberg, 1991; Kupriyanov, 2013), no entanto, estes artrópodes foram registrados uma única vez na dieta de *S. griseicapillus*, sem registro para *X. fuscus*. Resultados semelhantes foram obtidos para essas espécies em outros estudos investigando a dieta de aves da Mata Atlântica brasileira, onde Orthoptera não se destaca entre os itens mais numerosos, tampouco frequentes em sua alimentação (Durães & Marini, 2005; Lopes *et al.*, 2005; Lima *et al.*, 2010; Manhães *et al.*, 2010). A maior incidência desses invertebrados na dieta de arapaçus, relatada em alguns estudos, pode se tratar de um fato isolado, decorrente do consumo ocasional de um grupo dessas presas, uma vez que muitas espécies de Orthoptera apresentam hábito gregário, pelo menos em determinada fase do desenvolvimento (Bailey, *et al.*, 2005; Wilson *et al.*, 2010). Além disso, são invertebrados que apresentam um comportamento de fuga eficaz e suas populações concentram-se principalmente no solo ou na folhagem próxima dele (McGavin, 2000), o que também justifica a baixa ocorrência desses artrópodes na dieta de arapaçus. Embora a disponibilidade de presas não tenha sido avaliada aqui, especificamente nos locais onde essas aves normalmente forrageiam (truncos de árvores), a coleta de invertebrados na vegetação do sub-bosque, realizada concomitantemente à captura das aves no local de estudo poderia explicar, ao menos em parte, os dados aqui encontrados. De acordo com a disponibilidade de invertebrados na folhagem, Coleoptera, Hymenoptera Formicidae e Araneae representaram mais de 55% de todos os invertebrados capturados nas armadilhas de branch-clipping, enquanto que Orthoptera representou pouco mais de 2% dos itens disponíveis (observações pessoais – Tabela 2 – capítulo II). Portanto, o predomínio de alguns grupos de artrópodes, em detrimento de outros, na dieta dessas espécies, pode ser um reflexo de sua maior abundância no fragmento estudado.

O contraste na dieta das espécies de arapaçus não foi suficiente para apontar uma segregação alimentar com relação ao tipo de presas consumidas, uma vez que houve uma forte sobreposição entre seus nichos. É possível que a natureza altamente fragmentada do material encontrado nas amostras fecais, que limita uma classificação em níveis taxonômicos mais elevados, geralmente até ordem, não forneça o nível de detalhamento necessário para se detectar diferenças nas dietas (Chapman & Rosenberg, 1991; Mestre *et al.*, 2011; Manhães *et al.*, 2015), embora alguns estudos, utilizando esse mesmo nível de identificação, tenham detectado diferenças na dieta de outras espécies (Sherry, 1984; Poulin and Lefebvre, 1996; Yard *et al.*, 2004). Apesar do consumo exclusivo de alguns grupos de invertebrados por *Sittasomus griseicapillus*, como Hymenoptera não Formicidae, Orthoptera, Mantodea, Isoptera e Pseudoescorpiones, a baixa proporção desses itens sugere um consumo ocasional, principalmente porque, à exceção de Hymenoptera não Formicidae, os outros quatro táxons foram registrados uma única vez no total de amostras analisadas. Por outro lado, o número de amostras fecais pode ter influenciado esses resultados, uma vez que foram analisadas 22 amostras de *S. griseicapillus* e apenas 10 de *X. fuscus*, o que poderia aumentar a probabilidade de se registrar novos itens, ainda que consumidos ocasionalmente, na dieta da segunda espécie. Além disso, as curvas de acumulação de itens alimentares para ambas as espécies, não se estabilizaram com o número de amostras analisadas, sugerindo que mais táxons poderiam ser incluídos nas dietas com o aumento do número de amostras fecais.

As espécies também não apresentaram diferenças na largura de seus nichos, com base nos tipos de presas consumidas. Embora alguns estudos apontem relação entre o tamanho das espécies e a largura de seus nichos (Brändle *et al.*, 2002; Mestre *et al.*, 2010; Manhães *et al.*, 2015), esse padrão não foi aqui observado e apesar do maior tamanho de *X. fuscus* em relação a *S. griseicapillus*, tanto com relação à massa corporal quanto ao tamanho do bico, não houve diferença em suas amplitudes de nicho. Padrão semelhante foi encontrado por outros autores, cujos estudos não revelaram qualquer tipo de correlação entre o tamanho das aves e a largura de seus nichos, mesmo em condições adversas de escassez de alimento (Torok, 1993; Brandl *et al.*, 1994; Souto, 2010). De acordo com Brandl *et al.* (1994) a amplitude de nicho esteve correlacionada com a morfologia do bico e do aparato locomotor e não com o tamanho corporal. Segundo esse estudo, aves com bicos mais longos e finos possuem maiores amplitude de nicho devido à sua maior destreza na captura de diferentes tipos de presas. Além disso, Costa *et al.* (2008), estudando largura de nicho entre diferentes espécies de lagartos, encontraram uma

correlação negativa entre tamanho corporal e amplitude de nicho, onde espécies de maior tamanho apresentaram nichos relativamente mais estreitos do que pequenas espécies, porque espécies maiores podem se concentrar em um espectro menor de presas desde que essas sejam mais rentáveis, o que reforça a teoria do forrageamento ótimo. No caso dos arapaçus, ambas as espécies estudadas podem ter concentrado seus esforços na captura de presas pertencentes a táxons naturalmente mais abundantes, configurando assim amplitudes de nicho muito próximas.

A segregação de nicho entre as duas espécies também não parece residir no consumo diferencial do tamanho de presas. Apesar do maior tamanho de *X. fuscus* em relação a *S. griseicapillus*, tanto no que se refere à massa corporal quanto ao tamanho do bico, as espécies consumiram, em geral, presas de mesmo tamanho. Embora essas características morfológicas sejam apontadas em alguns estudos como fator preponderante na partição de nicho entre espécies com hábitos alimentares semelhantes, especialmente entre aquelas mais aparentadas (Fitzpatrick, 1985; Brandl, 1994; Manhães *et al.*, 2015), não parecem exercer aqui tal influência. Embora compartilhem muitos hábitos alimentares, característicos da subfamília Dendrocolaptinae, como a exploração de troncos de árvores, essas duas espécies apresentam uma ampla gama de estratégias e substratos de forrageio (Polleto *et al.*, 2004; Parrini & Pacheco, 2010; Parrini & Pacheco, 2011), o que possivelmente minimiza a competição por recursos, não se fazendo necessária a seleção ou especialização em um determinado tipo ou tamanho de presa.

Estudos sobre o comportamento de forrageio de ambas as espécies mostram que apesar de explorarem em grande parte (80%) os mesmos substratos, elas o fazem de maneiras e em proporções muito diferentes (Chapman & Rosenberg, 1991; Parrini & Pacheco, 2011). *Sittasomus griseicapillus* concentra boa parte do seu esforço de forrageio em ataques aéreos e na folhagem viva, enquanto que *X. fuscus* parece forragear especialmente em folhas mortas de árvores, bromélias e samambaias, obtendo suas presas em matéria vegetal morta (Parrini & Pacheco, 2010; Parrini & Pacheco, 2011). Logo, as diferenças no comportamento de forrageio e tipos de substratos entre essas espécies podem ser a principal resposta para a sua coexistência no fragmento estudado, uma vez que suas dietas se sobrepuseram fortemente apesar de suas morfologias significativamente distintas. De fato, Chapman & Rosenberg (1991), investigando o comportamento de forrageio de quatro espécies simpátricas de arapaçus na Floresta Amazônica, atribuíram a alta sobreposição de nicho às diferenças comportamentais na

exploração dos substratos, uma vez que suas dietas apresentam sobreposição muito maior do que seus comportamentos de forrageio.

Os resultados aqui obtidos, tanto com relação à sobreposição quanto às amplitudes de nicho, mostram que a coexistência de *S. griseicapillus* e *X. fuscus*, no fragmento estudado, não é mediada pelo consumo diferencial de presas. Além disso, as diferenças morfológicas, relacionadas a tamanho de bico e massa corporal entre as duas espécies não estiveram correlacionadas ao tamanho das presas consumidas, sugerindo que essas características, por si só, não são determinantes na partição de nicho entre as duas espécies. No entanto, como são muitos os eixos que determinam a diferenciação de nicho entre espécies que ocorrem em um mesmo local, como por exemplo habitat, dieta, substrato de forrageio e atividade temporal (Pianka, 1973; Schoener, 1974), a associação das informações aqui obtidas a dados de distribuição dos recursos nos diferentes substratos explorados por essas aves, bem como do comportamento de forrageio dessas espécies de arapaçus, talvez possa definir os possíveis fatores responsáveis pela mediação na coexistência de espécies tão próximas ecologicamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEIXO, A. & VIELLIARD, J. M. E. 1995. Composição e dinâmica da comunidade de aves da Mata de Santa Genebra, Campinas, SP. *Revista Brasileira de Zoologia*. 12:493-511.
- \_\_\_\_\_. 2001. Conservação da avifauna da floresta Atlântica: efeitos da fragmentação e a importância de florestas secundárias, p. 199-206. *Em*: J. L. B. Albuquerque, J. F. Cândido Jr., F. Straube, e A. L. Roos (eds.) *Ornitologia conservação: da ciência às estratégias*. Tubarão, Editora Unisul.
- ANJOS, L. DOS. 1994. Richness, abundance, and habitat expansion in natural patches of Araucaria forest. *Journal of Field Ornithology*. 135:201.
- BAILEY, N. W.; GWYNNE, D. T. & RITCHIE, M. G. Are solitary and gregarious Mormon crickets (*Anabrus simplex*, Orthoptera, Tettigoniidae) genetically distinct? *Heredity*. 95: 166-173.
- BRANDL, R., KRISTIN, A. & LEISLER, B. 1994. Dietary niche breadth in a local-community of passerine birds, an analysis using phylogenetic contrasts. *Oecologia*. 98: 109-116.
- BRÄNDLE, M.; PRINZING, A; PFEIFER, ROBERT & BRANDL, R. 2002. Dietary niche breadth for Central European birds: correlations with species-specific traits. *Evolutionary Ecology Research*. 4: 643–657.
- BRANDT, C. S., HASENACK, H.; LAPS, R. R. & S. M. HARTZ. 2009. Composition of mixed species bird flocks in forest fragments of southern Brazil. *Zoologia* 26(3):488-498.
- BROOKE, M. DE L. 1983. Ecological segregation of woodcreepers (*Dendrocolaptidae*) in the state of Rio de Janeiro, Brasil. *Ibis*. 125(4):562-567.

- BURGER, J.C.; PATTEN, M.A.; ROTENBERRY, J.T. & REDAK, R.A. 1999. Foraging ecology of the California gnatcatcher deduced from fecal samples. *Oecologia*. 120: 304-310.
- CÂNDIDO-JÚNIOR, J. F. 2000. The edge effect in a forest bird community in Rio Claro, São Paulo state, Brazil. *Ararajuba*. 8: 9-16.
- CARLISLE, J. D. & HOLBERTON, R. L. 2006. Relative efficiency of fecal versus regurgitated samples for assessing diet and deleterious effects of a tartar emetic on migratory birds. *Journal of Field Ornithology*. 77(2): 126–175.
- CHAPMAN, A. & ROSENBERG, K.V. 1991. Diets of four sympatric amazonian woodcreepers (Dendrocolaptidae). *The Condor*. 93(4): 904-915.
- SCHOENER, T.W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science*. 185(4145): 27-39.
- COSTA, G.C.; VITT, L.J.; PIANKA, E.R.; MESQUITA, D.O. & COLLI, G.R., 2008. Optimal foraging constrains macroecological patterns: body size and dietary niche breadth in lizards. *Global Ecology and Biogeography*. 17(5): 670-677.
- DURÃES, R. & MARINI M.A. 2005. A quantitative assessment of bird diets in the Brazilian Atlantic forest, with recommendations for future diet studies. *Ornitologia Neotropical*. 16: 65–83.
- FITZPATRICK, J.W. 1985. Form, foraging behavior, and adaptative radiation in the Tyrannidae. *Ornithological Monographs*. 36: 447-470.
- GOMES, V. S. M.; ALVES, V. S. & RIBEIRO, J. R. I. 2001. Itens alimentares encontrados em amostras de regurgitação de *Pyriglena leucoptera* (Vieillot) (Aves, *Thamnophilidae*) em uma floresta secundária no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Zoologia*. 18(4): 1073–1079.

- GOTELLI, N. J. & ELLISON, A. M. 2013. EcoSimR 1.00. <http://www.uvm.edu/~ngotelli/EcoSim/EcoSim.html>.
- HESPENHEIDE, H.A. 1971. Food preference and the extent of overlap in some insectivorous birds, with special reference to the Tyrannidae. *The Ibis*. 113(1): 59-72.
- JAKSIC, F. 2000. *Ecología de comunidades*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile. 233 p.
- JOHNSON, M. D. 2000. Evaluation of an arthropod sampling technique for measuring food availability for forest insectivorous birds. *Journal of Field Ornithology*. 71: 88-109.
- KEAST, A.; PEARCE, L. & SAUNDERS, S. 1995. How convergent is the American Redstart (*Setophaga ruticilla*, Parulinae) with Flycatchers (Tyrannidae) in morphology and feeding behavior? *The Auk*. 112(2): 310-325.
- KUPRIYANOV, V. M. S. 2013. *Análise de conteúdo estomacal de aves Furnariidae (Passeriformes)*. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo. 95 pp.
- LIMA, A.L.C.; MANHÃES, M.A. & PIRATELLI, A.J. 2011. Ecologia trófica de *Conopophaga lineata* (Conopophagidae) em uma área de mata secundária no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*. 19(3): 315-322.
- LIMA, A.L.C., MANHÃES, M.A. & MELO. 2020. Seasonal variation of understory insectivorous birds and arthropods in an area of secondary Atlantic Forest, southeast of Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. Doi: 10.1080/01650521.2020.1776954.
- LIMA, C. A.; SIQUEIRA, P. R.; GONÇALVES, R. M. M.; VASCONCELOS, M. F. & LEITE, L. O. 2010. Dieta de aves da Mata Atlântica: uma abordagem baseada em conteúdos estomacais. *Ornitologia Neotropical*. 21: 425-438.

- LOPES, L. E.; FERNANDES, A. M. & MARINI, M. A. 2005. Diet of some Atlantic Forest birds. *Ararajuba*. 13(1):95-103.
- MCGAVIN, G.C. 2000. *Insects, spiders and other terrestrial arthropods*. London: Dorling Kindersley Book. 256 p.
- MANHÃES, M.A. & DIAS, M.M. 2008. Diet and feeding preference of the plain antivireo (*Dysithamnus mentalis*) in na área of Brazilian Atlantic Forest. *Ornitologia Neotropical*. 19: 417-426.
- \_\_\_\_\_; LOURES-RIBEIRO, A. & DIAS, M.M., 2010. Diet of undestorey birds in two Atlantic Forest areas of southeast Brazil. *Journal of Natural History*. 44(7-8): 469-489.
- \_\_\_\_\_ & DIAS, M. M. 2011. Spatial dynamics of understorey insectivorous birds and arthropods in a southeastern Brazilian Atlantic woodlot. *Brazilian Journal of Biology*. 47(1): 1-7.
- \_\_\_\_\_; DIAS M. M. & LIMA A. L. C. 2015. Feeding resource partitioning between two understorey insectivorous birds in a fragment of Neotropical cloud forest. *Brazilian Journal of Biology*. 75(4):176-183.
- MARANTZ, C.; ALEIXO, A.; BEVIER L. R. & PATTEN, M. A. 2003. Family Dendrocolaptidae (Woodcreepers), p. 358-447. *Em: J. del Hoyo, A. Elliott e D. Christie (eds). Handbook of the Birds of the World, Volume 8, Broadbills to Tapaculos*. Barcelona, Espanha, Lynx Edicions.
- MARINI, M. A.; LOPES, L. E.; FERNANDES, A. M. & SEBAIO, F. 2002. Descrição de um ninho de *Lepidocolaptes fuscus* (Dendrocolaptidae) no nordeste de Minas Gerais, com dados sobre sua dieta e pterilose dos ninhegos. *Ararajuba*. 10(1): 95-98.

- MESTRE, L.A.M.; COHN-HALF, M. & DIAS, M.M. 2010. Diet and prey availability of terrestrial insectivorous birds prone to extinction in Amazonian Forest fragments. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 53(6): 1371-1381.
- MUNN, C. A. 1985. Permanent canopy and understory flocks in Amazonia: species composition and population density. Em: Burckley, P A. *et al.* (eds). *Neotropical Ornithology. Ornithological Monographs*. 36: 683-712.
- OLIVEIRA-ALVES, A.; PERES, M. C. L.; DIA, M. A.; CAZAIS-FEREEIRA, G.S. & SOUTO, L. R. A. 2005. Estudo das comunidades de aranhas (arachnida: araneae) em ambiente de mata atlântica no parque metropolitano de Pituvaçu – PMP, salvador, Bahia. *Biota Neotropica*. 5(1a): 1-8.
- PARRINI, R. & PACHECO, J. F. 2010. Comportamento de forrageamento de *Xiphorhynchus fuscus* (Passeriformes: Dendrocolaptidae) na Floresta Atlântica do Estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. *Atualidades Ornitológicas On line*. 155: 62-69.
- \_\_\_\_\_ & PACHECO, J. F. 2011. Comportamento de forrageamento do arapaçu-verde *Sittasomus griseicapillus* (Passeriformes: Dendrocolaptidae) na Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. *Atualidades Ornitológicas On line*. 161: 33- 39.
- PIANKA, E.R. 1973. The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 4: 53-74.
- POLETO, F.; DOS ANJOS, L.; LOPES, E. V.; VOLPATO, G. H.; SERAFINI, P. P. & FAVARO, F. L. 2004. 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. *Ararajuba*. 12(2):89-9.
- POULIN, B. & LEFEBVRE, G. 1996. Dietary relationships of migrant and resident birds from a humid forest in Central Panama. *The Auk*. 113(2): 277-287.

- \_\_\_\_\_ & LEFEBVRE, G. 1997. Estimation of arthropods available to birds: effect of trapping technique, prey distribution, and bird diet. *Journal of Field Ornithology*. 68: 426–442.
- RALPH, C.P.; NAGATA, S.E. & RALPH, C.J. 1985. Analysis of droppings to describe diets of small birds. *Journal of Field Ornithology*. 56(2): 165-174.
- RADFORD, A. N. & DU PLESSIS, M. A. 2003. Bill dimorphism and foraging niche partitioning in the green woodhoopoe. *Journal of Animal Ecology*. 72: 258-269.
- REMSEN, J. V. JR.; CADENA, C.D., JARAMILLO, A.; NORES, M.; PACHECO, J.F.; PÉREZ-EMÁN, J.; ROBBINS, M.B., STILES, F.G.; STOTZ, D.F. & ZIMMER, K.J. VERSÃO 2016. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union: <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>.
- SHERRY, T.W. 1984. Comparative dietary ecology of sympatric, insectivorous Neotropical Flycatchers (Tyrannidae). *Ecological Monographs*. 54 (3) 313-338.
- SICK, H. 1997. *Ornitologia brasileira. Uma introdução*. Editora Nova Fronteira. Rio de Janeiro, 912p.
- SIGRIST, T. 2006. *Birds of Brazil: an artistic view*. São Paulo. 672 p.
- SOUTO, G. H. B. O. 2010. *Ecologia alimentar de aves insetívoras de um fragmento de mata decídua no extremo norte da Mata Atlântica*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 86 f.
- TOROK, J. 1993. The predator-prey size hypothesis in three assemblages of forest birds. *Oecologia*. 95: 474-478.
- TRIPLEHORN, C.A. & JOHNSON, N.F. 2011. *Estudo dos insetos*. Cengage Learning. São Paulo. 809p.
- UETZ, G. W. 1991. Habitat structure and spider foraging. In: BELL, S.A.; MCCOY,

E.D.; MUSHINSKY, H.R. (Eds.). *Habitat Structure: The Physical Arrangement of Objects in Space*. Chapman & Hall, London. pp.325-348.

WIENS, J. A. 1989. *The ecology of birds communities, vol. 1: Foundations and patterns*. Cambridge University Press. Cambridge. 539 pp.

WILLIS, E.O. 1979. The composition of avian communities in remanescent woodlots in Southern Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*. 33:1-25.

WILSON, A. D. M.; WHATTAM, E. M., BENNETT, R., VISANUVIMOL, L., LAUZON, C. & BERTRAM, S. M. 2010. Behavioral correlations across activity, mating, exploration, aggression, and antipredator contexts in the European house cricket, *Acheta domesticus*. *Behaviour Ecology Sociobiology*. 64:703–715.

YARD, H.K.; VAN RIPER, C.; BROWN, B.T. & KEARSLEY, M.J. 2004. Diets of insectivorous birds along the Colorado River in Grand Canyon, Arizona. *The Condor*. 106(1): 106-115.

## Selective predation by the White-browed Warbler (*Myiothlypis leucoblephara*), a Neotropical understorey insectivorous bird

Ana Luísa de Carvalho Lima<sup>a</sup>, Marco Antônio Manhães <sup>b</sup> and Celine Melo<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brazil; <sup>b</sup>Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brazil

### ABSTRACT

The diet composition and feeding preference of *Myiothlypis leucoblephara* (White-browed Warbler, Parulidae) were investigated in an area of the Atlantic Forest, Brazil, based on fecal samples and availability of field arthropods. Hymenoptera Formicidae and Coleoptera were the predominant taxa in the diet, corresponding to more than 70% of all items. *Myiothlypis leucoblephara* exhibited a preference for prey types, mainly Formicidae and Coleoptera ( $\lambda = 0.123$ ,  $p = 0.01$ ), which are the proportionally more consumed taxa when compared to other types of prey. The species also showed preference for prey sizes, with arthropods of the size classes between 2 mm–6 mm being proportionally more consumed ( $\lambda = 0.214$ ,  $p = 0.001$ ). Although it forages predominantly on the ground, *M. leucoblephara* also preys on arthropods regularly on the foliage, which allows expanding the range of substrates exploited as well as obtaining different types of prey, probably favoring the differential consumption. On the other hand, the preference for intermediate size prey suggests foraging optimization, consuming feeding items with high energy-intake rate in relation to costs of predation. Whether the preference results from active selection by the birds or simply by the difficulty of finding less abundant items needs to be investigated.

### ARTICLE HISTORY

Received 20 April 2019  
Accepted 16 May 2020

### KEYWORDS

Atlantic forest; foraging ecology; *Myiothlypis leucoblephara*; selective predation; understorey bird

### Introduction

In general, forest fragmented areas have a large number of generalist birds due to the impoverishment of resources in these fragments, leading to population decline and local extinction of very demanding bird species (Stratford & Stouffer 1999). Thus, the understorey avifauna of tropical forests is composed mainly of insectivorous birds (Develey & Peres 2000) that search for food in different microhabitats, such as litter, trunks and foliage. In Brazil, the Atlantic Forest has a large number of such bird species (Aleixo 1999), although the limitation of dispersal may lead to differences in the composition of insectivorous species among fragments (Şekercioglu et al. 2002).

Despite the predominance, even in the understorey of the smallest forest remnants, the study of the biology of small and common generalist birds has been neglected; possibly, because they have small conservationist appeal (Şekercioglu 2002). However, the information that can be obtained from the ecology of such birds can contribute substantially to the understanding of several ecological issues, such as the optimal foraging theory, trophic cascades and niche relationships.

In relation to the trophic ecology of Neotropical birds, studies with raptors have revealed that the predator/prey relationship can be mediated by various factors, such as species of prey, seasonality of prey abundance or its behavior, as well as their size and age, invoked as determinants for the differential consumption of a given feeding resource by the predator (Granzinoli & Motta-Júnior 2006; Arruda Bueno & Motta-Junior 2008). On a physically smaller scale of predation, some forest dwelling small insectivorous passerines feed on a wide range of different types of arthropods, but the way they exploit these food resources reveals cases of differential consumption of prey taxa or sizes, possibly due to the substrate, the behavior of the different types of prey or the energetic requirement (Rosenberg 1993; Manhães & Dias 2008; Lima & Manhães 2009). This suggests that many birds exhibit selectivity on their prey more than would be expected for generalist birds with a large diet breadth. However, considering the great number of small forest insectivores, the knowledge of the relationships between these birds and arthropods is still very underrated. In general, the studies on the ecology of insectivorous birds in Neotropical forests are restricted to diet

CONTACT Ana Luísa de Carvalho Lima  analuisabio@yahoo.com.br  
© 2020 Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group