



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Luciana Barçante Ferreira

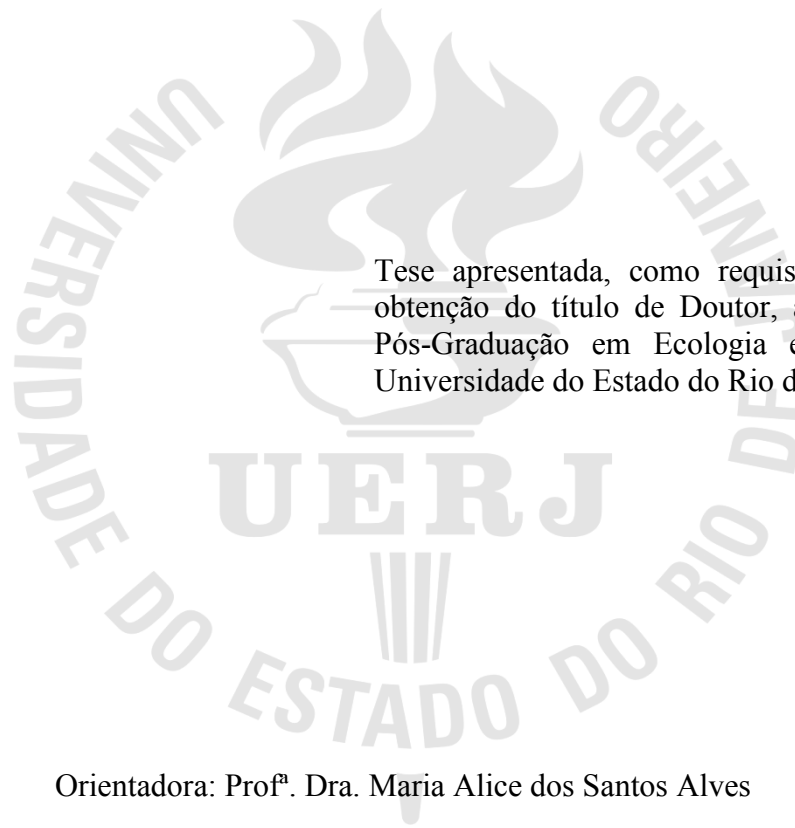
**Distribuição e deslocamento altitudinais de aves na Mata Atlântica, com
ênfase em beija-flores.**

Rio de Janeiro

2013

Luciana Barçante Ferreira

**Distribuição e deslocamento altitudinais de aves na Mata Atlântica, com ênfase em
beija-flores.**



Tese apresentada, como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor, ao Programa de
Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Maria Alice dos Santos Alves

Rio de Janeiro

2013

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/A

F383	<p>Barçante, Luciana. Distribuição e deslocamento altitudinais de aves na Mata Atlântica, com ênfase em beija-flores / Luciana Barçante Ferreira. 2013. 194f.: il. Orientadora: Maria Alice dos Santos Alves. Tese (Doutorado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.</p> <p>1. Beija-Flor – Mata Atlântica - Teses. 2. Beija-Flor – Comportamento – Teses. I. Alves, Maria Alice dos Santos. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.</p> <p>CDU 598.88</p>
------	---

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Autor

Data

Luciana Barçante Ferreira

**Distribuição e deslocamento altitudinais de aves na Mata Atlântica, com ênfase em
beija-flores.**

Tese apresentada, como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor, ao Programa de
Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 03 de julho de 2013

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Maria Alice dos Santos Alves

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes – UERJ

Prof^a. Dra. Regina Helena Ferraz Macedo

Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Eduardo Grelle

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof^a. Dra. Helena de Godoy Bergallo

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes – UERJ

Rio de Janeiro

2013

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, José Geraldo e Magna, às minhas irmãs, Maguinha e Cintia e ao meu vôzinho Vitor Siqueira, que me ensinou a apreciar as aves.

AGRADECIMENTOS

É com muita alegria e gratidão que me lembro de todas as pessoas que foram, de alguma forma, importantes para o desenvolvimento desse trabalho.

À minha amada família, Mamãe, Papai, Maguinha e Cintia, que sempre me apoia, incentiva, torce e reza por mim. Sou infinitamente grata à Maguinha que me recebeu com muito carinho e generosidade na sua casa, me apoiou e esteve ao meu lado em todos os momentos (felizes e tristes) desses quatro anos. Aos meus tios Zeza e Maria Imaculada pelo apoio e carinho.

À minha orientadora Maria Alice pelo incentivo e confiança. Aprendi muito com nossas várias conversas (que às vezes eram quase uma terapia) e com sua postura profissional e ética ao enfrentar as dificuldades surgidas nesse trabalho.

Ao Dr. Maurício Vecchi e à Dra. Mariana Vale, pelos ensinamentos, paciência e apoio. Vocês foram fundamentais para a realização desse estudo e atuaram como meus coorientadores.

Aos Dr. Marcelo Ferreira Vasconcelos e Dr. Caio Graco pelas informações sobre a distribuição altitudinal de algumas espécies de beija-flores. Ao Francisco Mallet-Rodrigues pelas várias contribuições ao estudo. À Carlinha Siqueira que me ajudou e incentivou desde o início do estudo. Os estudos de vocês foram uma inspiração para mim!

Aos membros da banca Regina Helena Macedo, Carlos Eduardo Grelle, Nena Bergallo, Luiz Antônio Gonzaga e Maurício Vecchi pela disponibilidade em participar da banca avaliadora da tese e pelas valiosas sugestões. Em especial à Vandy Amaral Menezes que revisou minha tese em tempo recorde.

À FAPERJ e CAPES pela bolsa de doutorado concedida. Ao CNPq e PIBIC UERJ pelas bolsas de iniciação científica concedidas à Livia D. C. Souza e ao Danilo A. Delgado, estagiários da professora Maria Alice, que me ajudaram no campo e desenvolveram seus projetos com o conjunto de dados coletados para essa tese. Este estudo contou com o financiamento do CNPq por meio da Bolsa de Pesquisadora e *grant* associada concedida à prof^a Maria Alice.

Ao INEA, IBAMA/SISBIO e CEMAVE pelas licenças de pesquisa.

Aos professores e funcionários do PPGEE UERJ, em especial aos secretários Henrique e Sônia e aos professores Miriam Plaza, Mariana Vale, Nena Bergallo, Fred Rocha, Bruno Rosado e Gisele Hajdu.

Ao Centro Universitário UNA pela licença concedida para realização do doutorado e à todos amigos e colegas de trabalho, principalmente ao André Roberto, Bruninho e Lílian.

Ao Nicholas e Raquel Locke da Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA) por todo apoio à pesquisa e pelo carinho. Aos funcionários, estagiários e voluntários da REGUA que contribuíram, de alguma forma, para o desenvolvimento desse estudo. Em especial, agradeço ao Jorge Bizarro e aos guardas, ou melhor, aos anjos da guarda Rildo e Levi, que nos

ajudaram em todas as campanhas, fazendo parte da nossa equipe. Muito obrigada!

E por falar em equipe, agradeço aos meus dois companheiros de subidas sem fim e de barraca fedida, Livia e Danillo, com os quais coletei dados e vivi muitas experiências interessantes com mochilas pesadas, sob chuva e mais chuva, comendo miojos com crocância e ‘brigando’ por paçocas. À Livia, que esteve presente em quase todas as campanhas, contribuindo bastante para a realização desse estudo e tornando as campanhas mais divertidas e ‘sem noção’. Ao Danillo, que esteve presente em muitas campanhas e trouxe mais agilidade ao trabalho. Ao Caio Missagia (para o alto e avante! Rumo ao cume, não é, Caio!), Ricardo Aguiar (Monstro da Montanha) e Cilene (Seagle), que participaram de várias campanhas, com muito entusiasmo. Agradeço, também, a todas as pessoas corajosas e fortes que nos acompanharam nas coletas de dados: Vitor Fernandes, Glória, Lu Fusinatto, Liliane, Leo Savatta, Tatiana, Ana Olívia, Flavinha, Rosinhas (Sumaia, Letícia e Pamela), Karen, Priscila, Christiano, João Vitor, Maria Alice, Fábio, Iva, Evair, Heideger, Daniel ‘Vale’, Edvandro, Belisa, Rafael, Reinaldo, Catarina, Christine e... será que esqueci de alguém? Desculpe-me!

A todos os amigos e colegas do Laboratório de Ecologia de Aves e da UERJ, em especial à: Ana Olívia, Glória, Cris Medeiros, Yair, Rodrigo Tardin, Belisa, Reinaldo, Mariana Zanon, Jose, Erli, Leo Lessa, Vitor Nelson, Davor, Marlon, Maurício Gomes, Gisa, Pathie, Hermano, Lu Guimaraes, Lu Costa, Sara, Luisa Manna, Paula, Japa e Marcelo Mucho Loco. À Aline Dias e Carla Manão, muito obrigada pela identificação das flores!

Aos amigos Milena, Míriam e Piu que me incentivaram a vir fazer o doutorado na UERJ. Obrigada por toda ajuda e pelo carinho!

Aos queridos amigos de BH, por tornarem minha vida mais feliz, mesmo que à distância. Em especial agradeço ao André Roberto, Kati, Lelê, Regina, Camila, Cristiano, Robert, Ana Carol, Gláucia e Raquel.

Depois de uma grande perda no decorrer do estudo, contei com a generosidade e carinho de muitas pessoas. Muito obrigada! Vocês foram fundamentais para me dar forças para continuar. Em especial agradeço à Elmar, Reinaldo, Flavinha, Glória, Vanessa, Piu, Miriam e Milena. Agradeço principalmente a Lu Fusinatto e ao Maurício, que tiveram coragem de me emprestar seus carros.

Agradeço ainda à: Glória pela amizade e todo apoio; Flavinha e Yair pelas conversas, ensinamentos e carinho; ao Danilo Neves e Cristiano Schetini que com muita generosidade e paciência me ensinaram estatística; Gilvan, Jane, Everardo, Herculano e Robert que me ajudaram a manter o equilíbrio emocional.

Nesse final estressante, sou imensamente grata à todas as pessoas que conviveram comigo (apesar do meu estresse) e me apoiaram, seja com uma conversa agradável, atendendo um pedido de socorro via *Skype*, uma ajuda salvadora com a estatística ou na torcida para que tudo desse certo: Mamãe, Maguinha, Cintia, Papai, Zeza, Maria Imaculada, Glória, Herculano, Elmar, Lelê, André, Cris Schetini, Camila, Robert, Flavinha, Yair, Milena, Vitor Nelson, Carlinha Siqueira e Vandy Menezes. Espero retribuir o que vocês fizeram por mim. Darei continuidade à corrente do bem!

É! Enfim chegou a melhor parte: voa passarinho!

Hay que endurecerse, pero sin perder la ternura jamás.

Che Guevara

RESUMO

BARÇANTE, Luciana. *Distribuição e deslocamento altitudinais de aves na Mata Atlântica, com ênfase em beija-flores*. 2013. 194f. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

A distribuição da biodiversidade está associada aos fatores espaciais, ambientais e biológicos. Esses fatores influenciam a dinâmica das comunidades biológicas, gerando diferenças na distribuição e na abundância de espécies em escalas local e regional, além de criarem variações nos processos populacionais e nos deslocamentos dos animais. Um exemplo é a variação na distribuição e estrutura das comunidades de aves em gradientes altitudinais. Entretanto, não há um consenso sobre o padrão de distribuição da biodiversidade nesses gradientes, sendo reconhecidos quatro padrões de distribuição altitudinal de aves. Nesse contexto, a presente tese teve como objetivo geral estudar algumas das respostas ecológicas das aves à altitude. No primeiro capítulo, avaliamos o conhecimento sobre os migrações altitudinais de aves por meio de uma revisão da literatura científica. Encontramos 84 estudos, a maioria na região Neotropical. Nesses estudos, constatamos 380 espécies de aves que realizam essas migrações, sendo insetívoros e nectarívoros os principais grupos tróficos envolvidos. Esses estudos também mostram que fatores bióticos e abióticos podem interagir para explicar as migrações altitudinais. Os deslocamentos para altitudes mais elevadas podem ser explicados principalmente pela disponibilidade de recursos e o menor risco de predação. Enquanto que os deslocamentos para baixas altitudes podem se relacionar, principalmente, às limitadas oportunidades de forrageamento e à competição. No segundo capítulo, analisamos a distribuição regional de beija-flores na Mata Atlântica, por meio do uso de mapas de distribuição e informações disponíveis na literatura. Encontramos variações na composição das espécies de beija-flores em relação à altitude, mas, um conjunto de fatores pode explicar essas variações na composição. Nossos resultados mostraram que além da variação altitudinal, o efeito do componente espacial (latitude e longitude) e das variáveis ambientais correlacionadas a ele foram importantes na distribuição das aves nas áreas estudadas. No terceiro capítulo, estudamos a distribuição altitudinal das aves (e de beija-flores) de sub-bosque em cinco altitudes na Reserva Ecológica de Guapiaçu (170 e 370 m) contígua ao Parque Estadual dos Três Picos (570, 770 e 1.000 m), no estado do Rio de Janeiro. Coletamos dados bimestralmente (julho/2010 a junho/2011) e mensalmente (agosto/2011 a julho/2012). Utilizamos o método de captura-marcação-recaptura com dez redes de neblina (12 x 2,5 m, malha de 32 mm) expostas no sub-bosque por sete horas/dia em cada ponto amostral por campanha. Observamos também os beija-flores no sub-bosque, mensalmente, em transecções lineares (400 m de extensão). Capturamos 95 espécies de aves (53% endêmicas de Mata Atlântica), incluindo 10 espécies de beija-flores (oito endêmicos). Detectamos a maior riqueza em 770 m e a menor em 170 m de altitude. Não encontramos relação entre a riqueza das aves e a altitude. Entretanto, encontramos diferenças na composição, riqueza, abundância e na organização trófica das aves nas cinco altitudes amostradas, sendo 170 m, frequentemente, diferente das demais altitudes. Para os beija-flores amostrados com as duas metodologias (captura e observação; 13 espécies), não encontramos diferenças na composição e riqueza nas cinco altitudes. A diversidade e os elevados endemismos registrados na área ressaltam a importância da região para as aves da Mata Atlântica e para preservação dessas no estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Gradientes altitudinais. Diversidade de espécies de aves. Trochilidae.

ABSTRACT

BARÇANTE, Luciana. Distribution and altitudinal movements of birds in the Brazilian Atlantic Forest, with emphasis in hummingbirds. 2013. 194f. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) - Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Biodiversity distribution is associated to spatial, environmental and biological factors. These factors influence the biological communities' dynamics, generating differences in species distribution and abundance, both locally and regionally, and also creating variation in population processes and in animal movements. Variation in the distribution and structure of bird communities in altitudinal gradients is an example, but, there is no consensus about the pattern of altitudinal distribution for birds, and four different patterns are recognized. In this context, the present thesis intended to evaluate the ecological responses of birds to altitude. In the first chapter, we reviewed the literature to evaluate the state of the art about birds' altitudinal movements/migrations. We found 84 studies, most conducted in the Neotropics. In these studies, authors reported 380 species of birds performing some kind of altitudinal migration, with insectivores and nectarivores the main trophic guilds involved. The studies also showed that there is a set of interacting biotic and abiotic factors that can explain altitudinal migration. Movement to higher altitudes can be explained mainly by resource availability and low predation risk, while migration to lower altitudes appears to be related to competition and limited foraging opportunities. In the second chapter, we analyzed the regional distribution of hummingbirds in the Brazilian Atlantic Forest, using distribution maps and information available in the literature. We found variation in hummingbird species composition in relation to altitude, but a set of factors could probably explain this variation. Our results showed that in addition to the altitudinal effect, the spatial component (latitude and longitude) related to environmental variables were also important to evaluate the birds' distributions. In the third chapter, we investigated the altitudinal distribution of birds (and hummingbirds) in five altitudes in the Ecological Reserve of Guapiaçu (170 and 370 m) contiguous to the Três Picos State Park (570, 770 and 1000 m), Rio de Janeiro state. Data were collected bimonthly (July/2010 to June/2011) and monthly (August/2011 to July/2012), using a capture-marking-recapture method with mist-nets (12 x 2.5 m, 32 mm mesh) opened in the undergrowth for 7 hours/day in each sampling point. We also collected data on hummingbirds monthly using linear transects (400 m long). We captured 95 bird species (53% endemic to the Atlantic Forest), including 10 hummingbird species (8 endemic). The highest species richness was found at the altitude of 770 m and the lowest species richness was found at the altitude of 170 m. We did not find a relationship between altitude and bird richness. However, we found differences in the composition, richness, abundance and in the trophic organization of birds in the five altitudes, with the altitude of 170 m being different from the others in most cases. For hummingbirds sampled with both methods (captured with mist-nets and observed; 13 species), we did not find differences in the composition and in the richness in all five studied altitudes. Diversity and the higher endemism recorded for the area emphasize the importance of the region for the conservation of the Atlantic Forest birds in Rio de Janeiro state.

Keywords: Altitudinal gradient. Bird species diversity. Trochilidae.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Extensão original da Mata Atlântica na América do Sul	71
Figura 2 – Gradiente altitudinal da Mata Atlântica	72
Figura 3 – Temperatura da Mata Atlântica segundo dados disponibilizados pela <i>WorldClim</i>	73
Figura 4 – Precipitação da Mata Atlântica segundo dados disponibilizados pela <i>WorldClim</i>	74
Figura 5 – Exemplo do procedimento para a criação dos mapas de distribuição altitudinal das espécies de beija-flores, utilizando o mapa de distribuição da espécie <i>Heliomaster squamosus</i>	78
Figura 6 – Mapa da ecorregião Mata Atlântica (da WWF) com os pontos de amostragem utilizados.....	80
Figura 7 – Amplitude altitudinal de ocorrência das espécies de beija-flores (Trochilidae) da Mata Atlântica (variação do gradiente altitudinal de zero a 2.900 m).....	83
Figura 8 – Dois primeiros eixo da análise NMDS para a composição de espécies de beija-flores ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica (dividido em faixas de 100 m de altitude).....	84
Figura 9 – Dois primeiros eixo da análise NMDS para a composição de espécies de beija-flores endêmicos ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica (dividido em faixas de 100 m de altitude)	85
Figura 10 – Relação entre a riqueza de beija-flores da Mata Atlântica e as faixas altitudinais.....	86
Figura 11 – Relação entre a razão riqueza de beija-flores e as faixas altitudinais da Mata Atlântica pelo logaritmo das áreas de cada faixa altitudinal	88
Figura 12 – Relação entre a amplitude altitudinal média e as faixas altitudinais de ocorrência das espécies de beija-flores da Mata Atlântica	89
Figura 13 – Relação entre o ponto médio de distribuição altitudinal e a amplitude altitudinal média das espécies de beija-flores que ocorrem na Mata Atlântica.....	89
Figura 14 – Curva de riqueza de espécies de beija-flores ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica e curvas dos limites do intervalo de confiança de 95% do modelo nulo	90
Figura 15 – Relação entre a riqueza de beija-flores e as faixas latitudinais da Mata Atlântica.....	91
Figura 16 – Relação entre a riqueza de beija-flores e as faixas longitudinais da Mata Atlântica.....	92
Figura 17 – Distribuição da riqueza de beija-flores da Mata Atlântica.....	94
Figura 18 – Distribuição da riqueza de beija-flores endêmicos de Mata Atlântica.....	95
Figura 19 – Distribuição da amostragem da riqueza de beija-flores da Mata Atlântica por meio dos pontos aleatoriamente distribuídos (N=5.000)	96
Figura 20 – Área de estudo: Reserva Ecológica Guapiaçu e Parque Estadual dos Três Picos.....	135

Figura 21 – Curva de acumulação (C.acum.) de espécies e estimadores de riqueza (Chao1 P e ACE P) de aves de sub-bosque baseadas no número de dias de amostragem em cinco altitudes na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	148
Figura 22 – Abundância das espécies de aves capturadas no sub-bosque nas cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	150
Figura 23 – Riqueza e taxa de captura mensal de aves de sub-bosque nas cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.....	152
Figura 24 – Similaridade entre a composição de espécies de aves capturadas no sub-bosque nas cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	154
Figura 25 – Riqueza de espécies nas diferentes categorias tróficas das aves capturadas no sub-bosque na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.....	155
Figura 26 – Relação entre a altitude e a riqueza de aves de sub-bosque das categorias tróficas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.....	159
Figura 27 – Riqueza mensal de aves de sub-bosque das categorias tróficas frugívoro, insetívoro, insetívoro/frugívoro e nectarívoro amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	160
Figura 28 – Relação entre a altitude e a taxa de captura de aves das categorias tróficas amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.....	163
Figura 29 – Taxa de captura das categorias tróficas frugívoro, granívoro, insetívoro, insetívoro/frugívoro, nectarívoro e onívoro amostradas no sub-bosque da Reserva Ecológica de Guapiaçu e do Parque Estadual dos Três Picos	164
Figura 30 – Variação temporal (sazonal) na taxa de captura das espécies que realizaram deslocamentos altitudinais na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	167
Figura 31 – Variação temporal (sazonal) na taxa de captura de <i>Turdus albicollis</i> e <i>Turdus flavipes</i> na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.....	169
Figura 32 – Distribuição das espécies e riqueza de beija-flores registradas por meio de captura-marcação-recaptura e transecções no sub-bosque das cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.....	171
Figura 33 – Curva de acumulação de espécies e estimadores de riqueza (Jackknife 1 P) de beija-flores de sub-bosque amostrados na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	172
Figura 34 – Similaridade na composição de espécies de beija-flores capturadas no sub-bosque nas cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número e local de realização dos 84 estudos sobre as migrações altitudinais de aves encontrados entre os anos de 1946 a agosto de 2011	20
Tabela 2 – Técnicas de amostragem utilizadas nos 84 estudos sobre as migrações altitudinais das aves encontrados entre os anos de 1946 a agosto de 2011	21
Tabela 3 – Lista das espécies de aves que realizam ou provavelmente realizam migrações altitudinais citadas nos 84 artigos encontrados entre os anos de 1946 a 2011.....	27
Tabela 4 – Altitude de ocorrência das espécies de beija-flores (Trochilidae) da Mata Atlântica.....	70
Tabela 5 – Área de extensão das faixas altitudinais (100 m de altitude) da Mata Atlântica e razão do número de espécies dividido pelo logaritmo da área de extensão de cada faixa altitudinal.....	87
Tabela 6 – Correlações entre as riquezas de beija-flores e a altitude da Mata Atlântica amostrada por pontos aleatórios (N= 5.000) e por pontos ponderados pela área das faixas altitudinais.....	97
Tabela 7 – Área das faixas altitudinais (de 100 m de altitude) da Mata Atlântica e número de pontos aleatórios utilizados nas análises ponderadas pela área das faixas altitudinais.....	98
Tabela 8 – Correlações entre os parâmetros climáticos (temperatura e precipitação) e a altitude da Mata Atlântica.....	99
Tabela 9 – Correlações entre os parâmetros climáticos (temperatura e precipitação) e as riquezas de beija-flores da Mata Atlântica	100
Tabela 10 – Correlações entre os parâmetros climáticos (temperatura em °C e precipitação em mm) e as faixas latitudinais ou longitudinais (de 5°) e entre as riquezas de beija-flores e as faixas latitudinais ou longitudinais da Mata Atlântica.....	101
Tabela 11 – Variância das variáveis ambientais relacionadas à composição de beija-flores da Mata Atlântica.....	102
Tabela 12 – Resumo dos resultados das análises realizadas: espacialmente não explícitas e espacialmente explícitas.....	103
Tabela 13 – Lista das espécies e abundância das aves capturadas no sub-bosque das cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	142
Tabela 14 – Riqueza, abundância e taxa de captura da comunidade de aves de sub-bosque nas cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	147
Tabela 15 – Análise da diferença na taxa de captura entre as altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos, utilizando o teste U de Mann-Whitney.....	153
Tabela 16 – Matriz com os valores da taxa de mudança na composição das espécies (diversidade β) entre as cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de	

Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	154
Tabela 17 – Riqueza e abundância das diferentes categorias tróficas das aves de sub-bosque amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	156
Tabela 18 – Diferenças na riqueza e na taxa de captura das categorias tróficas das aves capturadas no sub-bosque entre as cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	157
Tabela 19 – Análise da diferença na riqueza de insetívoros, insetívoros/frugívoros e nectarívoros entre as altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos, utilizando o teste U de Mann-Whitney.....	158
Tabela 20 – Análise da diferença na taxa de captura de granívoros, insetívoros, insetívoros/frugívoros e onívoros entre as altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos, utilizando o teste U de Mann-Whitney.....	162
Tabela 21 – Deslocamentos altitudinais na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	165
Tabela 22 – Espécies de aves capturadas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos para as quais encontramos registros de deslocamentos na literatura.....	168
Tabela 23 – Matriz com os valores da taxa de mudança na composição das espécies de beija-flores (diversidade β) entre as cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos	174

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	15
1	MIGRAÇÕES ALTITUDINAIS DE AVES: UMA ANÁLISE DO CONHECIMENTO ATUAL	17
1.1	O que é migração altitudinal de aves?	17
1.2	Análise do conhecimento	18
1.3	Locais pesquisados e metodologias empregadas nos estudos	19
1.4	Espécies estudadas e grupos tróficos	25
1.5	O que explica a migração altitudinal das aves?	41
1.6	Conservação e ameaças às migrações altitudinais de aves	51
1.7	Considerações finais e desafios para o estudo das migrações altitudinais	55
	REFERÊNCIAS	56
2	DISTRIBUIÇÃO ALTITUDINAL DE BEIJA-FLORES DA MATA ATLÂNTICA	65
2.1	Introdução	65
2.2	Material e Métodos	69
2.2.1	<u>Base de Dados</u>	69
2.2.2	<u>Análises espacialmente não explícitas</u>	75
2.2.3	<u>Análises espacialmente explícitas</u>	77
2.3	Resultados	82
2.3.1	<u>Análises não espacialmente explícitas</u>	82
2.3.2	<u>Análises espacialmente explícitas</u>	92
2.4	Discussão	104
	REFERÊNCIAS	110
	ANEXO A – Diversidade β da composição de beija-flores entre pares de faixas altitudinais da Mata Atlântica	118
	ANEXO B – Diversidade β da composição de beija-flores endêmicos entre pares de faixas altitudinais da Mata Atlântica	123
3	DISTRIBUIÇÃO DE AVES EM DIFERENTES ALTITUDES NA RESERVA ECOLÓGICA DE GUAPIAÇU E NO PARQUE ESTADUAL DOS TRÊS PICOS (RIO DE JANEIRO)	128

3.1	Introdução	128
3.2	Material e Métodos	132
3.2.1	<u>Área de estudo</u>	132
3.2.2	<u>Amostragem das aves de sub-bosque</u>	136
3.2.3	<u>Amostragem dos beija-flores de sub-bosque</u>	137
3.2.4	<u>Análise dos dados</u>	138
3.2.4.1	Aves de sub-bosque	138
3.2.4.2	Beija-flores de sub-bosque.....	140
3.3	Resultados	141
3.3.1	<u>Aves de sub-bosque</u>	141
3.3.1.1	Riqueza e abundância.....	141
3.3.1.2	Composição das espécies: diversidade β	153
3.3.1.3	Categorias tróficas	155
3.3.1.4	Deslocamentos altitudinais	165
3.3.2	<u>Beija-flores de sub-bosque</u>	170
3.3.2.1	Riqueza e composição.....	170
3.3.2.2	Composição das espécies: diversidade β	174
3.4	Discussão	175
	REFERÊNCIAS	184
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	193

INTRODUÇÃO

A distribuição de espécies e os mecanismos que geram os padrões espaciais da biodiversidade são uns dos temas centrais na ecologia de comunidades (Begon et al. 2007). A distribuição, ocorrência e diversidade de plantas e animais estão relacionadas a vários fatores geográficos, como latitude e altitude (Janzen 1967; Waterhouse et al. 2002; Lee et al. 2004; Begon et al. 2007). Esses fatores geográficos estão relacionados a uma variedade de fatores bióticos e abióticos que determinam a dinâmica da comunidade de aves (Wiens 1984; Blake and Loiselle 1991), gerando diferenças na abundância de espécies nas escalas espacial e temporal em ambientes temperados e tropicais (Blake and Loiselle 2001; Ruggerio and Hawkins 2008; McCain 2009). Um exemplo disso é a variação na distribuição e na estrutura das comunidades de aves ao longo de gradientes altitudinais (Wiens 1989; Waterhouse et al. 2002), que associadas às flutuações ambientais e aos ciclos diurnos e anuais (Berthold 2001), criam variações nos processos populacionais e no deslocamento de aves entre habitats (Loiselle and Blake 1991; Blake and Loiselle 2001; Ruggerio and Hawkins 2008; McCain 2009).

Entretanto, o efeito da altitude nas comunidades biológicas é indireto, possuindo fatores diretos (como a temperatura e a umidade) que covariam entre si e com a altitude (Austin et al. 1985; Rahbek 1995; Gaston 2003). Assim, os padrões altitudinais gerados na riqueza das espécies podem ser explicados por fatores geográficos, bem como por fatores climáticos, biológicos e/ou históricos (Rahbek 1995; Lomolino 2001), gerando vários padrões de distribuição. Com relação às aves, por exemplo, quatro padrões de distribuição são associados à altitude McCain (2009a). Dessa forma, a obtenção de dados sobre a diversidade de espécies, seus padrões de distribuição e deslocamentos ao longo de gradientes altitudinais são necessários para se entender a diversidade de espécies global (McCain 2005, 2007, 2009, 2010).

Nesse contexto, o bioma Mata Atlântica é um local potencial para se estudar a distribuição das comunidades biológicas ao longo do gradiente altitudinal. Considerado um dos hotspots de biodiversidade mundiais (Myers et al. 2000), o bioma possui variação altitudinal do nível do mar até 2.890 m (Costa and Lima 2005; Faria 2005), além de uma elevada biodiversidade. A Mata Atlântica possui um dos mais altos graus de riqueza e endemismos de espécies do planeta, que corresponde de 1-8% de todas as espécies do mundo (Silva and Casteleti 2003; Ribeiro et al. 2009). A diversidade de aves do bioma corresponde a

mais de 56% da avifauna do Brasil (1.020 espécies), sendo elevado o nível de endemismo desse grupo (18%) (Stotz et al. 1996; Sick 1997; Marini and Garcia 2005; CBRO 2011).

Na presente tese, estudamos algumas das respostas ecológicas das aves aos gradientes altitudinais: deslocamentos e distribuição altitudinal. No primeiro capítulo, realizamos uma revisão da literatura sobre os deslocamentos altitudinais das aves, com a qual avaliamos o conhecimento atual, buscando informações sobre as espécies e sobre os fatores relacionados a esses deslocamentos. Nos demais capítulos, avaliamos a distribuição altitudinal das aves em escalas regional (segundo capítulo) e em escala local (terceiro capítulo).

No segundo capítulo estudamos o efeito do gradiente altitudinal e outras variáveis ambientais e espaciais na distribuição da composição e da riqueza de beija-flores na Mata Atlântica. Para essas análises, utilizamos mapas de distribuição e informações disponíveis na literatura sobre as espécies de beija-flores que ocorrem nesse bioma. Escolhemos esse grupo de aves neotropicais (Trochilidae) como modelo devido à elevada riqueza de espécies, à ampla faixa altitudinal que essas aves ocorrem nas Américas. Além disso, o elevado metabolismo dos beija-flores (devido aos pequenos tamanhos corporais dessas aves e ao voo de elevado gasto energético) faz com que essas aves respondam rapidamente às variações ambientais, como temperatura e umidade.

No terceiro capítulo, realizamos um estudo de caso em uma encosta na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três picos, que estão localizados em uma das áreas com maior diversidade de aves e elevados níveis de endemismos. Nesse estudo, avaliamos as diferenças na composição, riqueza, abundância e nas categorias tróficas das espécies capturadas no sub-bosque nas cinco altitudes amostradas (de 170 a 1.000 m de altitude). Concomitantemente, avaliamos as diferenças na composição e riqueza de beija-flores capturados e observados no sub-bosque das altitudes amostradas. Registramos, também, os deslocamentos altitudinais dessas aves na área de estudo.

1 MIGRAÇÕES ALTITUDINAIS DE AVES: UMA ANÁLISE DO CONHECIMENTO ATUAL

1.1 O que é migração altitudinal de aves?

A abundância de aves varia nas escalas espacial e temporal, tanto em ambientes temperados como tropicais (Blake and Loiselle 2001; Ruggerio and Hawkins 2008; McCain 2009). Essas variações estão associadas às flutuações ambientais diurnas e anuais (Berthold 2001), que criam variações nos processos populacionais e no deslocamento de aves entre habitats (Loiselle and Blake 1991; Blake and Loiselle 2001).

Dentre os movimentos que as aves podem executar, a migração é uma resposta comum à periodicidade ambiental (Berthold 2001). O termo migração, em sentido amplo, é caracterizado por movimentos direcionais em larga escala geográfica realizados por um grande número de indivíduos de determinada espécie animal (Alves 2007; Begon et al. 2007). No sentido restrito, a migração se caracteriza por um ciclo de deslocamento realizado, anualmente e sazonalmente, por uma determinada população que se desloca entre áreas de reprodução e áreas de alimentação e descanso (Berthold 2001; Alves 2007; Boyle 2010).

As migrações realizadas pelas aves podem ser categorizadas de diferentes formas, como migração de longa distância e de curta distância. Essa última, também, pode ser denominada como migração regional ou local (Berthold 2001; Alves 2007). Existem ainda as migrações parciais ou facultativas em que parte da população realiza deslocamentos opcionais em resposta às condições climáticas (Gillis et al. 2008; Jahn et al. 2010; Newton 2012).

Um tipo de migração regional ou local conhecido é a migração altitudinal (Sick 1997; Berthold 2001; Alves 2007), que envolve movimentos anuais de populações ou espécies de aves entre áreas terrestres de diferentes elevações utilizadas na reprodução e no período de descanso (Hayes 1995; Dingle and Drake 2007). Geralmente, os locais de reprodução se encontram em altitudes mais elevadas, enquanto que as áreas não reprodutivas ocorrem em altitudes menos elevadas (Loiselle and Blake 1991; Hobson et al. 2003; Boyle 2010). O intervalo altitudinal entre essas áreas varia conforme a espécie (Loiselle and Blake 1991; Hayes 1995; Berthold 2001; Hobson et al. 2003; Boyle 2008b, 2010). Mas, ainda não existe padronização na denominação dos deslocamentos das aves entre as diferentes altitudes terrestres, sendo usados os termos: regional, altitudinal (Boyle 2010), elevacional (Blake and

Loiselle 2000) e vertical (Hobson et al. 2003). Na presente revisão, usamos o termo migração altitudinal para todos os movimentos sazonais que as aves realizam entre áreas terrestres com diferentes altitudes, abrangendo tanto as migrações (nas quais o ciclo anual, as rotas e as distâncias percorridas são conhecidas) como outros deslocamentos altitudinais sazonais (com características ainda pouco conhecidas).

As migrações altitudinais são conhecidas para ambientes temperados (exemplos Rabenold and Rabenold 1985; Laymon 1989) e para ambientes tropicais (exemplos Loiselle and Blake 1991; Powell and Bjork 1995), onde parecem ser especialmente comuns (Loiselle and Blake 1991; Blake and Loiselle 2001; Hobson et al. 2003; Boyle 2010). Porém, pouco se conhece sobre as migrações altitudinais (Alves 2007; Sekercioglu 2010), embora essas representem uma importante dimensão dos movimentos e da dispersão das aves (Hobson et al. 2003), principalmente nos ambientes tropicais onde essas migrações possuem considerável papel na distribuição sazonal das aves nos gradientes altitudinais (Fraser et al. 2008) e são um importante fator na estruturação da comunidade das aves (Loiselle and Blake 1991; Blake and Loiselle 2000). As migrações altitudinais também representam um interessante sistema para se testar hipóteses que expliquem a evolução da migração (Boyle 2010; Boyle et al. 2010a, 2011).

No presente estudo, realizamos uma revisão da bibliografia (artigos científicos) disponível sobre as migrações altitudinais de aves. Avaliamos o conhecimento atual e os fatores relacionados a esses movimentos, indicando as lacunas de conhecimento sobre o assunto, assim como sua relação com a conservação das aves.

1.2 Análise do conhecimento

Analizamos o conhecimento atual sobre as migrações altitudinais de aves por meio de uma pesquisa por artigos científicos na base de dados *Web of Science* no dia 10 de agosto de 2012 (acesso: <http://apps.isiknowledge.com>). Realizamos a busca usando as combinações da palavra *bird* associada independentemente às palavras: *altitud* migra**, *elevat* migra**, *regional migra**, *vertical migra**, *local migra**, *short distance migra**, *slope* migra**, *altitud* displacement*, *elevat* displacement*, *regional displacement*, *vertical displacement*, *local displacement*, *short distance displacement*, *slope* displacement*, *altitud* movement*, *elevat* movement*, *regional movement*, *vertical movement*, *local movement*, *short distance*

movement, slope movement, altitud* dispersal, elevat* dispersal, regional dispersal, vertical dispersal, local dispersal, short distance dispersal e slope* dispersal*. Os artigos encontrados na busca não relacionados à migração altitudinal sazonal de aves foram excluídos da análise.

Além disso, examinamos as referências bibliográficas dos artigos encontrados na base de dados e selecionamos, pelo título ou pelo contexto no qual foram citados, alguns artigos científicos que abordavam as migrações altitudinais das aves. Incluímos os artigos em inglês ou em espanhol na nossa análise.

Com essa busca, detectamos 1870 referências de artigos na busca realizada na base *Web of Science*. Apenas 64 desses artigos abordavam, de alguma forma, as migrações altitudinais sazonais das aves. Avaliamos o conteúdo dos artigos na íntegra, exceto dois estudos (Saniga 1995; Taylor and Komar 2010), que avaliamos por meio das informações contidas nos resumos. Além desses, incluímos 20 artigos citados pelos estudos encontrados na base de dados. Assim, analisamos um total de 84 artigos científicos sobre as migrações altitudinais sazonais das aves.

Analisamos um período de 65 anos (1946 a 2011) de publicações, sendo 2010 o ano com maior número de artigos (17). A maior parte dos artigos encontrados concentrou-se nos últimos 10 anos (52 artigos).

1.3 Locais pesquisados e metodologias empregadas nos estudos

A grande maioria dos estudos foi realizada nas regiões zoogeográficas Neotropical (39 artigos, 46%) e Neártica (24 artigos, 28%). Três revisões (Bairlein and Hüppop 2004; Perez et al. 2008; Sekercioglu 2010) e as demais regiões contribuíram com 26% dos estudos: Paleártica (oito artigos), Oriental (quatro artigos), Etiópica (quatro artigos) e Australiana (dois artigos). O maior número de estudos ocorreu na Costa Rica (22 artigos) e nos Estados Unidos da América (15 artigos) (Tabela 1). Provavelmente, os movimentos altitudinais de aves ocorrem em mais montanhas do mundo (Faaborg et al. 2010), mas a lacuna no conhecimento ainda é grande. Na região Neotropical, por exemplo, os estudos se concentram na América Central, sendo decorrente principalmente dos estudos realizados por W. Alice Boyle (sete artigos) e por Bette A. Loiselle e John G. Blake (cinco artigos) na Costa Rica. Na América do Sul, a falta de informações sobre as migrações das aves ainda é grande (Alves 2007). Locais como a Cordilheira dos Andes, com sua dinâmica espacial, possivelmente, possui sistemas de

migrações mais complexos do que os da América Central (Faaborg et al. 2010) e ainda são pouco explorados.

Tabela 1 – Número e local de realização dos 84 estudos sobre as migrações altitudinais de aves encontrados entre os anos de 1946 a agosto de 2011.

Região Zoogeográfica	País/ Conjunto de países	Quantidade de artigos
Australiana	Austrália	1
	Papua Nova Guiné	1
Etiópica	África do sul	3
	Leste da África	1
Neártica	EUA	15
	Canadá	5
	México	3
	EUA / México	1
Neotropical	Costa Rica	22
	Brasil	3
	Colômbia	3
	Equador	3
	Argentina e Paraguai	2
	Nicarágua	2
	Neotrópico	2
	El Salvador	1
	Peru	1
	Oriental	Bornéu
China		1
Índia		1
Tailândia		1
Paleártica	Espanha	2
	Eslováquia	1
	Itália	1
	Portugal	1
	Suíça	1
	Ucrânia	1
	Península Ibérica	1

Nota: Três estudos de revisão não incluídos.

Os estudos sobre as migrações altitudinais das aves empregaram várias técnicas de amostragem para se registrar e/ou avaliar esses deslocamentos (Tabela 2), sendo as observações diretas (40 artigos) e as capturas (34 artigos) os métodos mais utilizados, enquanto 24 estudos utilizaram mais de uma metodologia (Tabela 2).

Tabela 2 – Técnicas de amostragem utilizadas nos 84 estudos sobre as migrações altitudinais das aves encontrados entre os anos de 1946 a agosto de 2011.

Forma de obtenção dos dados	Quantidade de estudos	Estudos (em ordem alfabética)
Observação	40	Areta and Bodrati (2008)*, Bencke and Kindel (1999), Berruti and Harrison (1994), Biamonte et al. (2011), Blake and Loiselle (2000, 2001*), Boyle (2008a*, 2011), Boyle et al. (2011)*, Brown (2006), Chaves-Campos (2004), Chaves-Campos et al. (2003)*, Chettri et al. (2005), Da Silva (1993)*, Fogden and Fogden (1997), Gillis et al. (2008), Green (2010), Gutierrez et al. (2004), Hart et al. (2010)*, Hines (1986)*, Hilty (1997)*, Hoffman and Braun (1975)*, Hollenbeck and Ripple (2007), Horvath and Sullivan (1988), Inouye et al. (2000), Inzunza and Rodriguez (2010)*, Johnson and Maclean (1994)*, Kimura et al. (2001), Loiselle and Blake (1992)*, Mackas et al. (2010)*, Marshall (1946), Ramos (1996)*, Roe and Rees (1979), Stiles (1985)*, Solórzano et al. (2000), Strewé and Navarro (2003)*, Tsvelykh and Appak (2008)*, Wang et al. (2000), Wright (2005), Wilson and Hocker (2008)*.
Captura	34	Blake and Loiselle (2001*, 2002), Borrás et al. (2010a,b)*, Boyle (2008b, 2010), Boyle et al. (2010a,b), Butler et al. (2002), Fraser et al. (2010), Hardesty and Fraser (2010), Hart et al. (2010)*, Hines (1986)*, Hilty (1997)*, Hobson et al. (2003), Hoffman and Braun (1975)*, Inzunza and Rodriguez (2010)*, Johnson and Maclean (1994)*, Levey (1988), Loiselle and Blake (1991, 1992)*, Morrissey (2004), Morrissey et al. (2004), Mussehl (1960), Powel and Bjork (2004), Rabenold and Rabenold (1985), Ramos (1996)*, Rosseli (1994), Stiles (1985)*, Strewé and Navarro (2003)*, Taylor and Komar (2010), Tsvelykh and Appak (2008)*, Wilson and Hocker (2008)*, Winker et al. (1997).
Dados secundários	16	Areta and Bodrati (2008*, 2010), Alves (2007), Bairlein and Hüppop (2004), Bildstein (2004), Borrás et al. (2010b)*, Burgess and Mlingwa (2000), Da Silva (1993)*, Faaborg et al. (2010), Johnson and Maclean (1994)*, Levey and Stiles (1992), Perez et al. (2008), Sekercioglu (2010), Senar and Borrás et al. (2004), Tavecchia et al. (2002), Tinoco et al. (2009).
Rádio telemetria	7	Cade and Hoffman (1993), Chaves-Campos et al. (2003)*, Klemp (2003), Laymon (1989), Morrissey et al. (2004), Powel and Bjork (1995, 2004).
Isótopos estáveis	7	Boyle et al. (2011)*, Bridge et al. (2010)*, Chang et al. (2010), Fraser et al. (2008), Graves et al. (2002), Graves and Romanek (2009)*, Mackas et al. (2010)*.
Manipulação de indivíduos	2	Borrás et al. (2010a)*, Bridge et al. (2010)*.
Dados reprodução	1	Tsvelykh and Appak (2008).
Coleta de indivíduos	1	Graves and Romanek (2009)*.
Ninhos artificiais	1	Boyle (2008a)*.
Rastros	1	Wright (2005).

Nota: * Estudos que utilizaram mais de uma metodologia (estes foram listados mais de uma vez).

Embora os movimentos dos animais sejam um dos temas centrais na ecologia (Perez et al. 2008), também é o que torna o estudo das migrações das aves uma tarefa difícil. Isso porque é necessário seguir os indivíduos ou populações de animais ao longo do ano (Webster et al. 2002) e a nossa capacidade para rastrear os movimentos dos indivíduos ainda é

rudimentar (Perez et al. 2008), especialmente para seguir as migrações de pequenos pássaros (Hobson et al. 2003). Nosso conhecimento sobre as migrações das aves foi adquirido principalmente por um maciço esforço de captura, marcação e recaptura de aves e, mesmo assim, as migrações da maioria das espécies são pouco conhecidas (Webster et al. 2002). Com isso, o entendimento da ecologia e da evolução dos organismos que realizam esses movimentos tem sido severamente limitado (Webster et al. 2002).

As técnicas tradicionais de amostragem de aves (como transecções e captura-marcação-recaptura com o uso de redes de neblina) possuem limitações na detecção dos deslocamentos das aves. Por exemplo, as observações são limitadas pela experiência dos pesquisadores e pela perda de qualidade na detecção das aves devido à vegetação e/ou aos fatores climáticos (Blake and Loiselle 2000). As capturas são limitadas espacialmente (Betts et al. 2008; Vale and Jenkins 2012), sendo ineficientes no registro de toda comunidade de aves de determinada área (Blake and Loiselle 2000). Além disso, essa metodologia é pouco eficiente devido à dificuldade de se distinguir as migrações altitudinais de outros tipos de movimentos ou de flutuações sazonais na abundância das aves e à baixa taxa de recaptura (Fraser et al. 2008).

Atualmente, a habilidade para rastrear movimentos dos animais está melhorando com o desenvolvimento da tecnologia de telemetria de satélite (com o uso de rádios transmissores cada vez menores), da análise genética (que infere indiretamente os deslocamentos de animais pela diferenciação entre populações) e com o estudo da química dos isótopos estáveis (determinada pela variação isotópica entre localidades geográficas nas quais os animais se alimentaram) (Webster et al. 2002).

Nos últimos dez anos, os isótopos estáveis têm sido amplamente usados como ferramenta na ornitologia e na ecologia animal (Perez et al. 2008), sendo uma interessante ferramenta para se entender os deslocamentos das aves na busca de padrões de migração (Hobson 1999; Webster et al. 2002; Hobson et al. 2003; Perez et al. 2008; Chang et al. 2010). Apesar de ser amplamente aplicado para o estudo das migrações dos animais, o seu valor potencial para examinar as migrações altitudinais têm sido pouco explorado (Graves et al. 2002; Hobson et al. 2003; Chang et al. 2010).

Os isótopos estáveis utilizados nos estudos sobre migrações altitudinais que encontramos na presente busca foram hidrogênio (Hobson et al. 2003; Fraser et al. 2008; Hardesty and Fraser 2010), carbono (Graves et al. 2002; Hobson et al. 2003; Graves and Romanek 2009; Chang et al. 2010) e nitrogênio (Graves et al. 2002; Hobson et al. 2003; Chang et al. 2010). Além desses, os isótopos estáveis de estrôncio foram citados como tendo

sido utilizados para rastrear movimentos de animais migratórios (Hobson 1999). Porém, os resultados de estudos de deslocamentos altitudinais usando os isótopos estáveis ainda são controversos e pouco conclusivos.

Os isótopos estáveis de hidrogênio (também chamado de deutério, δD) na água da chuva fornece base para investigar as migrações altitudinais de aves (Hobson et al. 2003), pois há, globalmente, uma diminuição linear de δD com o aumento da altitude, que é incorporado na síntese dos tecidos das aves (Hardesty and Fraser 2010). Essa variação nos valores de δD em diferentes altitudes foi estudada nos Andes, Equador (Hobson et al. 2003; Hardesty and Fraser 2010) e na Nicarágua (Fraser et al. 2008). Os valores de δD nas penas das caudas de oito espécies de beija-flores (Trochilidae) foram, significativamente e negativamente, correlacionados com a altitude (Hobson et al. 2003). Já no estudo de Hardesty and Fraser (2010), houve diminuição nos valores de δD na chuva e no sangue de 18 espécies de aves com o aumento da altitude (escala maior que 1.000 m), refletindo a síntese recente das células. Mas, os valores nas penas (tecido de síntese mais demorada que o sangue) mostraram uma fraca relação com a elevação se comparados aos valores encontrados no sangue (Hardesty and Fraser 2010). Na Nicarágua, significativos valores de δD nas unhas e nas penas de sabiá, *Catharus mexicanus* (Turdidae), e de um pássaro papa-moscas, *Mionectes oleagineous* (Tyrannidae), sugerem que indivíduos dessa espécie realizam migrações altitudinais (Fraser et al. 2008). Porém, nesse mesmo estudo, não foram detectadas evidências de movimentos altitudinais das espécies nectarívoras, o que pode ter ocorrido devido à limitada amostragem e ao período de muda das espécies (Fraser et al. 2008).

As mudanças dos isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}C$) nas plantas ao longo de gradientes altitudinais também fornecem base para investigar os movimentos altitudinais de aves (Hobson et al. 2003). O aumento da altitude foi significativamente correlacionado com os valores dos isótopos de $\delta^{13}C$ nas penas das caudas de oito espécies de beija-flores nos Andes, Equador (Hobson et al. 2003). Assim como os valores de $\delta^{13}C$ nas penas de espécies herbívoras e onívoras aumentaram significativamente com o aumento da altitude na Tailândia (Chang et al. 2010). Porém, isso não ocorreu nas penas das espécies insetívoras e nectarívoras nesse país (Chang et al. 2010).

Os valores isotópicos nos tecidos das aves também podem ser influenciados pela idade e por fatores temporais (Graves et al. 2002). Graves et al. (2002) realizaram medidas da variação anual e altitudinal de $\delta^{13}C$ e $\delta^{12}C$ em penas de *Dendroica caerulescens* (uma pequena ave canora da família Parulidae) no norte dos Estados Unidos da América (EUA). Os

resultados encontrados mostraram um efeito significativo relacionado à idade e à altitude nos valores de $\delta^{13}\text{C}$, sugerindo um alto grau de filopatria de machos adultos (dois anos ou mais) a uma estreita zona altitudinal e a ausência desse padrão nos jovens (primeira estação reprodutiva), que provavelmente, reflete a dispersão natal (Graves et al. 2002).

Além disso, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ de outros tecidos também podem fornecer informações que refletem análises em diferentes escalas temporais nos movimentos das espécies (Graves and Romanek 2009). As proporções de isótopos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) no fígado e músculo peitoral de *D. caerulescens* refletiram rápidos ajustes de substituição de carbono para a altitude local nos Apalaches, EUA. Os valores do isótopo do fígado aumentaram com a altitude, enquanto que a taxa de aumento dos isótopos no músculo foi relacionada ao aumento isotópico em grupos de plantas. Esses resultados sugerem que a maioria dos machos forrageia em uma faixa altitudinal relativamente estreita durante uma estação reprodutiva (Graves and Romanek 2009).

Os estudos realizados com isótopos estáveis de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) tiveram resultados controversos. O valor de $\delta^{15}\text{N}$ em penas das caudas de oito espécies de beija-flores estudados ao longo de um gradiente altitudinal (300 a 3290 m de altitude) nos Andes no Equador foi variável e fracamente relacionado à altitude (Hobson et al. 2003). Na Tailândia, não houve uma relação simples entre a altitude e os valores de $\delta^{15}\text{N}$ das penas de aves de diferentes categorias tróficas (Chang et al. 2010). Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ diminuíram significativamente com aumento da altitude em espécies insetívoras, mas não em espécies herbívoras e onívoras (Chang et al. 2010). Já em penas de *D. caerulescens* não houve efeito significativo nos valores de $\delta^{15}\text{N}$ relacionado à altitude no norte dos EUA (Graves et al. 2002). Embora o uso de $\delta^{15}\text{N}$ tenha sido considerado potencialmente útil nos estudos de movimentos altitudinais (Graves et al. 2002; Hobson et al. 2003), Chang et al. (2010) sugerem que esses isótopos não são adequados como marcadores regionais de indivíduos ou populações que habitam altitudes diferentes devido à relação discutível desse isótopo com a altitude.

O avanço da tecnologia pode fornecer informações vitais sobre as migrações das aves e de outros animais (Webster et al. 2002). Uma maior utilização de isótopos estáveis no estudo das migrações altitudinais das aves de variados níveis tróficos e em diferentes ecossistemas (Chang et al. 2010) pode expandir nosso entendimento sobre o efeito altitudinal dos isótopos estáveis nos tecidos animais (Chang et al. 2010). Além disso, a expansão do conhecimento sobre esse tema permitirá entender melhor os fatores que determinam a discriminação isotópica entre os tecidos das aves, a dieta e a água (Perez et al. 2008). Mais

detalhes sobre as novas abordagens utilizadas no estudo das migrações de aves podem ser encontrados na revisão de Webster et al. (2002).

Como as técnicas de amostragem apresentam distorções ou são efetivas apenas para alguns grupos de aves, uma combinação de técnicas pode ser útil (Terborgh et al. 1990; Perez et al. 2008) no estudo das migrações altitudinais das aves (Perez et al. 2008). O uso de várias técnicas fornecem informações mais completas (Perez et al. 2008) e havendo congruência entre resultados de técnicas independentes, poderemos chegar a conclusões mais robustas (Loiselle and Blake 1992).

1.4 Espécies estudadas e grupos tróficos

Nos estudos encontrados, reunimos 380 espécies de aves que realizam migrações altitudinais (Tabela 3), incluindo tanto as espécies que comprovadamente são migrantes altitudinais, como as que provavelmente realizam essas migrações (para as quais temos poucas informações sobre os ciclos anuais e as distâncias percorridas). Essas espécies estão distribuídas em 81 famílias (Tabela 3), sendo Trochilidae (50 espécies; 13%), Thraupidae (26 espécies; 7%) e Turdidae (20 espécies; 5%) as famílias mais representativas. Para a identificação taxonômica dessas espécies, seguimos *Zoonomen Nomenclatural Data* (Zoonomen 2012). Além desses estudos, três outros trabalhos citaram apenas as famílias dos migrantes altitudinais, sem quantificar e denominar espécies que realizam essas migrações. As famílias citadas foram: Trochilidae, Tyrannidae e Emberizidae no Brasil (Alves 2007); Trogonidae, Ramphastidae, Pipridae, Cotingidae, Turdidae, Thraupidae e Tyrannidae na Costa Rica (Boyle et al. 2010b); e Columbidae, Megalaimidae, Pycnonotidae, Aegithinidae e Bucerotidae em Bornéu (Kimura et al. 2001).

Também, classificamos os itens alimentares consumidos pelas aves que migram altitudinalmente com base em Del Hoyo et al. (1992, 1994, 1996, 1997, 1999, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011). Não encontramos informações para seis espécies. Separamos as demais aves como consumidoras de matéria vegetal (54 espécies), animal (102 espécies) e animal/vegetal (218 espécies). Além disso, separamos 214 espécies em categorias tróficas de fácil identificação e que foram mais representativas (Tabela 3). As categorias identificadas foram: frugívoros (aves que consomem estritamente ou principalmente frutos; 34 espécies); insetívoros (aves que consomem estritamente ou

principalmente insetos e outros artrópodes; 71 espécies); frugívoros/insetívoros (aves que consomem frutos, insetos e outros artrópodes; 51 espécies) e nectarívoros (aves que consomem estritamente ou principalmente néctar; 57 espécies).

As aves frugívoras e nectarívoras são reconhecidas por realizarem migrações altitudinais (Levey and Stiles 1992; Hilty 1997; Sick 1997; Blake and Loiselle 2000, 2001; Hobson et al. 2003; Alves 2007; Boyle 2010). No Parque Nacional Barulio Carrillo na Costa Rica, por exemplo, das 75 espécies de aves que migram altitudinalmente, 50% são frugívoras e 30% nectarívoras (Stiles 1985, Loiselle and Blake 1991). Em outra análise ao longo de um gradiente altitudinal na Costa Rica, Blake and Loiselle (2000) indicaram 55 espécies de aves como migrantes altitudinais, incluindo 60% frugívoras e 25% nectarívoras. Insetívoros e carnívoros foram pouco representados entre as aves que migram altitudinalmente (Levey and Stiles 1992). No Brasil, resultado similar foi encontrado na revisão realizada por Alves (2007), na qual foram apontados deslocamentos altitudinais de espécies frugívoras e nectarívoras, como beija-flores, tiranídeos e emberizídeos, nas regiões sul e sudeste do país (Sick 1997; Alves 2007).

Porém, na África do Sul, a maioria das espécies de aves que migrou altitudinalmente foi insetívora (Johnson and Maclean 1994). Carnívoras, frugívoras e nectarívoras que reproduzem na área aparentemente não estão sujeitas a variações na dieta ou são capazes de variar suas dietas sazonalmente (Johnson and Maclean 1994).

As categorias tróficas das aves que migram altitudinalmente em nossa análise indicaram grande quantidade de aves nectarívoras (57 espécies) e frugívoras (estritamente – 34 espécies; ou parcialmente frugívoras – 51 espécies frugívoras/insetívoras) realizando tais migrações, principalmente na região Neotropical (51 espécies nectarívoras, 64 espécies frugívoras ou parcialmente frugívoras). Como as aves frugívoras e nectarívoras da região neotropical são dispersoras de sementes e polinizadoras, elas são importantes para a manutenção da integridade biótica de comunidades tropicais (Loiselle and Blake 1991). Também, encontramos 71 espécies de aves insetívoras realizando migrações altitudinais nos estudos amostrados, incluindo 26 espécies para a região Neotropical, embora essa categoria não tenha sido registrada tão frequentemente como nectarívoros e frugívoros para essa região. As migrações altitudinais de aves insetívoras foram mais comuns na região Etiópica (35 espécies), na qual apenas um estudo na África do Sul contribuiu com 23 espécies insetívoras migrantes (Johnson and Maclean 1994).

Tabela 3 – Lista das espécies de aves que realizam ou provavelmente realizam migrações altitudinais citadas nos 84 artigos encontrados entre os anos de 1946 a 2011 (continua).

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*
Accipitridae	<i>Accipiter bicolor</i> (Vieillot) 1817	Vertebrados		NT	7
	<i>Accipiter cooperii</i> (Bonaparte) 1828	Vertebrados		NT	7
	<i>Accipiter gentilis</i> (Linnaeus) 1758	Vertebrados		NT	7
	<i>Accipiter striatus</i> Vieillot 1808	Vertebrados		NT	7
	<i>Buteo albigula</i> Philippi 1899	Vertebrados		NT	7
	<i>Buteo poecilochrous</i> Gurney 1879	insetos, vertebrados		NT	7
	<i>Buteo ventralis</i> Gould 1837	Vertebrados		NT	7
	<i>Chondrohierax uncinatus</i> (Temminck) 1822	Vertebrados		NT	7
	<i>Circus cinereus</i> Vieillot 1816	Vertebrados		NT	7
	<i>Circus maurus</i> (Temminck) 1828	Vertebrados		E	45
	<i>Elanoides forficatus</i> (Linnaeus) 1758	Vertebrados		NT	7, 38
	<i>Ictinia plumbea</i> (Gmelin) 1788	Insetos	I	NT	38
	<i>Leucopternis princeps</i> Sclater, PL 1865	Vertebrados		NT	7, 8, 15
	<i>Spizaetus ornatus</i> (Daudin) 1800	Vertebrados		NT	7
Acrocephalidae	<i>Acrocephalus gracilirostris</i> (Hartlaub) 1864	insetos, vertebrados		E	45
	<i>Iduna natalensis</i> (Smith, A) 1847	insetos	I	E	45
Alaudidae	<i>Galerida magnirostris</i> (Stephens) 1826	insetos, sementes		E	45
Alcedinidae	<i>Corythornis cristatus</i> (Pallas) 1764	animais aquáticos		E	45
	<i>Megaceryle alcyon</i> (Linnaeus) 1758	Peixes		NA	42
Anatidae	<i>Anas flavirostris</i> Vieillot 1816	invertebrados aquáticos, sementes, partes de vegetais aquáticas		NT	61
	<i>Anas georgica</i> Gmelin 1789	invertebrados aquáticos, sementes		NT	61
	<i>Anas versicolor</i> Vieillot 1816	invertebrados aquáticos, sementes		NT	61
	<i>Chloephaga melanoptera</i> (Eyton) 1838	principalmente material vegetal		NT	61
Apodidae	<i>Apus barbatus</i> (Sclater, PL) 1866	insetos	I	E	45
	<i>Apus caffer</i> (Lichtenstein) 1823	insetos	I	E	45
	<i>Apus horus</i> (Heuglin) 1869	Insetos	I	E	45
	<i>Chaetura cinereiventris</i> Sclater, PL 1862	Insetos	I	NT	38

Continuação

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*
Apodidae	<i>Chaetura spinicaudus</i> (Temminck) 1839	Insetos	I	NT	38
	<i>Panyptila cayennensis</i> (Gmelin) 1789			NT	38
	<i>Streptoprocne rutila</i> (Vieillot) 1817	Insetos	I	NT	38
	<i>Tachymarptis melba</i> (Linnaeus) 1758	Insetos	I	E	45
Ardeidae	<i>Bulbucus ibis</i> (Linnaeus) 1758	invertebrados e vertebrados terrestres		NA	44
Bucconidae	<i>Notharchus tectus</i> (Boddaert) 1783	Insetos	I	NT	15
Bucerotidae	<i>Rhyticeros undulatus</i> (Shaw) 1812	principalmente frutos	F	O	46
	<i>Tockus alboterminatus</i> (Buttikofer) 1889	principalmente artrópodes e frutos	F/I	E	45
Campephagidae	<i>Campephaga quisqualina</i> Finsch 1869	Insetos	I	E	22
	<i>Coracina caesia</i> (Lichtenstein) 1823	Insetos	I	E	5, 21, 22
Capitonidae	<i>Capito maculicoronatus</i> Lawrence 1861	frutos, insetos	F/I	NT	38
	<i>Eubucco bourcierii</i> (Lafresnaye) 1845	frutos, insetos	F/I	NT	8, 50
Caprimulgidae	<i>Caprimulgus pectoralis</i> Cuvier 1816	artrópodes	I	E	45
Cardinalidae	<i>Pheucticus tibialis</i> Lawrence 1867	frutos, sementes, invertebrados		NT	8, 15, 51
Casuariidae	<i>Casuaris bennetti</i> Gould 1857	frutos, fungos, invertebrados, vertebrados		A	76
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein) 1793	animais em decomposição		NT	7
	<i>Vultur gryphus</i> Linnaeus 1758	animais em decomposição		NT	7
Chaetopidae	<i>Chaetops aurantius</i> Layard, EL 1867	invertebrados		E	45
Charadriidae	<i>Charadrius tricollaris</i> Vieillot 1818	Insetos	I	E	45
	<i>Vanellus melanopterus</i> (Cretzschmar) 1829	artrópodes	I	E	45
	<i>Vanellus resplendens</i> (Tschudi) 1843			NT	61
Chloropseidae	<i>Chloropsis cochinchinensis</i> (Gmelin) 1789	frutos, néctar, artrópodes		O	46
Cinclidae	<i>Cinclus mexicanus</i> Swainson 1827	insetos aquáticos	I	NA	31, 52, 54, 55, 74
Cisticolidae	<i>Cisticola ayresii</i> Hartlaub 1863	insetos	I	E	45
	<i>Cisticola lais</i> (Hartlaub & Finsch) 1870	insetos	I	E	45
	<i>Prinia hypoxantha</i> (Sharpe) 1877	insetos	I	E	45
	<i>Prinia subflava</i> (Gmelin) 1789	insetos	I	E	45
Coliidae	<i>Colius striatus</i> Gmelin 1789	principalmente frutos	F	E	45
	<i>Urocolius indicus</i> (Latham) 1790	principalmente frutos	F	E	45

Continuação

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*
Columbidae	<i>Columba arquatrix</i> Temminck 1808	frutos, sementes, insetos		E	22
	<i>Columba delegorguei</i> Delegorgue 1847	principalmente frutos, também sementes e insetos	F	E	22
	<i>Columba larvata</i> Temminck 1809	frutos, sementes		E	22
	<i>Ducula badia</i> (Raffles) 1822	frutos	F	O	46
	<i>Geotrygon frenata</i> (Tschudi) 1843			NT	38
	<i>Macropygia phasianella</i> (Temminck) 1821	frutos, sementes		O	46
	<i>Macropygia ruficeps</i> (Temminck) 1835	frutos, sementes		O	46
	<i>Patagioenas fasciata</i> (Say) 1822	sementes		NT	6, 8, 68
	<i>Patagioenas flavirostris</i> (Wagler) 1831	sementes		NA	44
	<i>Patagioenas goodsoni</i> (Hartert) 1902			NT	38
	<i>Patagioenas subvinacea</i> (Lawrence) 1868	frutos	F	NT	8
Corvidae	<i>Corvus capensis</i> Lichtenstein 1823	variedade de material vegetal e animal		E	45
	<i>Corvus corax</i> Linnaeus 1758	variedade de material vegetal e animal		NA	42
	<i>Cyanocitta stelleri</i> (Gmelin) 1788	variedade de material vegetal e animal		NA	42
	<i>Nucifraga columbiana</i> (Wilson,A) 1811	sementes		NA	42
	<i>Pica pica</i> (Linnaeus) 1758	variedade de material vegetal e animal		NA	42
Cotingidae	<i>Ampelioides tschudii</i> (Gray,GR) 1846	frutos, insetos	F/I	NT	38
	<i>Carpodectes nitidus</i> Salvin 1865	frutos	F	NT	15
	<i>Cephalopterus glabricollis</i> Gould 1851	principalmente frutos, também animais	F	NT	8, 15, 27, 29
	<i>Cephalopterus penduliger</i> Sclater,PL 1859	frutos, ocasionalmente insetos	F	NT	38
	<i>Cotinga nattererii</i> (Boissonneau) 1840	frutos	F	NT	38
	<i>Pipreola jucunda</i> Sclater,PL 1860	frutos	F	NT	38
	<i>Procnias albus</i> (Hermann) 1783	frutos	F	NT	28
	<i>Procnias tricarunculatus</i> (Verreaux,J & Verreaux,E) 1853	frutos	F	NT	8, 15, 58
	<i>Querula purpurata</i> (Stadius Muller) 1776	frutos, insetos	F/I	NT	38
	<i>Tijuca atra</i> Ferussac 1829	frutos, insetos	F/I	NT	1
Cracidae	<i>Chamaepetes unicolor</i> Salvin 1867	frutos	F	NT	26
	<i>Penelope purpurascens</i> Wagler 1830	frutos	F	NT	26
	<i>Pipile jacutinga</i> (Spix) 1825	frutos	F	NT	1

Continuação

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*
Cuculidae	<i>Cercococcyx montanus</i> Chapin 1928	Insetos	I	E	22
Dicaeidae	<i>Dicaeum ignipectus</i> (Blyth) 1843	frutos, néctar		O	73
Emberizidae	<i>Chlorospingus ophthalmicus</i> (Du Bus de Gisignies) 1847	frutos, artrópodes	F/I	NA	44, 75
	<i>Junco hyemalis</i> (Linnaeus) 1758	principalmente material vegetal, também animais		NA	20, 59
	<i>Junco phaeonotus</i> Wagler 1831	artrópodes, sementes		NA	43
	<i>Pselliophorus tibialis</i> (Lawrence) 1864	pouca informação; provavelmente frutos, artrópodes, néctar		NT	8
	<i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Muller) 1776	pouca informação; provavelmente sementes e frutos		NT	61
Estrildidae	<i>Amandava subflava</i> (Vieillot) 1819	semente, algas, cupins		E	45
	<i>Cryptospiza reichenovii</i> (Hartlaub) 1874	sementes, plantulas, vertebrados		E	22
	<i>Estrilda astrild</i> (Linnaeus) 1758	sementes, pequenos insetos		E	45
	<i>Lonchura bicolor</i> (Fraser) 1843	sementes, invertebrados		E	45
	<i>Lonchura cucullata</i> (Swainson) 1837	sementes, alguns insetos		E	45
Falconidae	<i>Falco columbarius</i> Linnaeus 1758	insetos, vertebrados		NT	7
	<i>Falco femoralis</i> Temminck 1822	insetos, vertebrados		NT	7
	<i>Falco mexicanus</i> Schlegel 1850	insetos, vertebrados		NT	7
Fringillidae	<i>Carduelis citrinella</i> (Pallas) 1764	principalmente sementes e vegetais, artrópodes		P	11, 12
	<i>Carduelis magellanica</i> (Vieillot) 1805	sementes, outras partes vegetais, ocasionalmente insetos		NT	4
	<i>Carduelis xanthogastra</i> (Du Bus de Gisignies) 1855	principalmente sementes e outros vegetais		NT	38
	<i>Chlorophonia callophrys</i> (Cabanis) 1861	frutos	F	NT	8
	<i>Chlorophonia flavirostris</i> Sclater, PL 1861	frutos	F	NT	38
	<i>Crithagra mozambica</i> (Statius Muller) 1776	sementes, brotos, flores, folhas, alguns invertebrados		E	45
	<i>Crithagra sulphurata</i> (Linnaeus) 1766	frutos, várias sementes, flores, brotos		E	45
	<i>Crithagra symonsi</i> (Roberts) 1916	várias sementes, broto, pequenos insetos		E	45
	<i>Euphonia anaeae</i> Cassin 1865	frutos, insetos	F/I	NT	8, 50
	<i>Euphonia cyanocephala</i> (Vieillot) 1819	frutos, insetos	F/I	NT	3, 4
	<i>Euphonia elegantissima</i> (Bonaparte) 1838	frutos	F	NT	6
	<i>Euphonia minuta</i> Cabanis 1848	frutos, insetos	F/I	NT	38
	<i>Euphonia saturata</i> (Cabanis) 1861	provavelmente frutos		NT	38
	<i>Fringilla coelebs</i> Linnaeus 1758	principalmente invertebrados, também vegetais		P	72

Continuação

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*
Fringillidae	<i>Hemignathus virens</i> (Gmelin) 1788	frutos, invertebrados, néctar, seiva		NA	37
	<i>Himatione sanguinea</i> (Gmelin) 1788	néctar	N	NA	37
	<i>Loxia curvirostra</i> Linnaeus 1758	sementes, brotos		NA	42
	<i>Pyrrhula murina</i> Godman 1866	frutos, sementes, brotos		P	60
	<i>Vestiaria coccinea</i> (Forster,G) 1780	néctar	N	NA	37
Furnariidae	<i>Campylorhamphus pusillus</i> (Sclater,PL) 1860	insetos	I	NT	8
	<i>Margarornis squamiger</i> (Orbigny & Lafresnaye) 1838	insetos	I	NT	36
	<i>Premnoplex brunnescens</i> (Sclater,PL) 1856	insetos	I	NT	36
Genera incerta sedis	<i>Phibalura flavirostris</i> Vieillot 1816	principalmente frutos, também insetos	F	NT	1
Hirudinidae	<i>Neochelidon tibialis</i> (Cassin) 1853	insetos	I	NT	38
	<i>Psalidoprocne pristoptera</i> (Ruppell) 1840	insetos	I	E	5, 45
	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (Vieillot) 1817	insetos	I	NT	38
	<i>Ptyonoprogne fuligula</i> (Lichtenstein) 1842	insetos	I	E	45
	<i>Riparia paludicola</i> (Vieillot) 1817	insetos	I	E	45
Icteridae	<i>Amblycercus holosericeus</i> (Deppe) 1830	insetos, raramente frutos	I	NT	38
	<i>Icterus chrysater</i> (Lesson) 1844	artrópodes, frutos, néctar		NT	38
	<i>Psarocolius wagleri</i> (Gray,GR) 1845	vertebrados, artrópodes, frutos, néctar		NT	15
Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i> (Tschudi) 1844	insetos, anfíbios, pequenos peixes, ovos		NT	61
Leiotrichidae	<i>Liocichla steerii</i> Swinhoe 1877	frutos, insetos	F/I	O	25
Malaconotidae	<i>Chlorophoneus nigrifrons</i> (Reichenow) 1896	insetos	I	E	22
	<i>Laniarius fuelleborni</i> (Reichenow) 1900	invertebrados		E	22
	<i>Telophorus zeylonus</i> (Linnaeus) 1766	invertebrados, vertebrados, frutos		E	45
Megalaimidae	<i>Megalaima monticola</i> (Sharpe) 1889	frutos, provavelmente algum inseto	F/I	O	46
Megaluridae	<i>Bradypterus barratti</i> Sharpe 1876	insetos	I	E	45
	<i>Bradypterus lopezi</i> (Alexander) 1903	principalmente pequenos insetos	I	E	22
	<i>Schoenicola brevirostris</i> (Sundevall) 1850	pouca informação; pequenos invertebrados		E	45
Monarchidae	<i>Terpsiphone viridis</i> (Statius Muller) 1776	artrópodes, pequenos frutos	F/I	E	45
	<i>Trochocercus cyanomelas</i> (Vieillot) 1818	insetos	I	E	5
Motacillidae	<i>Anthus chloris</i> Lichtenstein 1842	insetos	I	E	45

Continuação

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*
Motacillidae	<i>Anthus cinnamomeus</i> Ruppell 1840	pequenos invertebrados, sementes, material vegetal		E	45
	<i>Anthus hoeschi</i> Stresemann 1938	pouca informação; pequenos invertebrados		E	45
	<i>Anthus leucophrys</i> Vieillot 1818	insetos	I	E	45
	<i>Anthus similis</i> (Jerdon) 1840	insetos	I	E	45
	<i>Motacilla aguimp</i> Temminck 1820	invertebrados terrestres e aquáticos, peixes		E	45
	<i>Motacilla capensis</i> Linnaeus 1766	insetos, pequenos crustáceos, aranhas		E	45
	<i>Motacilla cinerea</i> Tunstall 1771	insetos	I	P	47
	<i>Motacilla clara</i> Sharpe 1908	insetos, pequenos crustáceos, aranhas		E	22
Muscicapidae	<i>Campicoloides bifasciatus</i> (Temminck) 1829	insetos, néctar	N	E	45
	<i>Cercomela familiaris</i> (Wilkes) 1817	insetos	I	E	45
	<i>Cercomela sinuata</i> (Sundevall) 1858	frutos, insetos	F/I	E	45
	<i>Cossypha caffra</i> (Linnaeus) 1771	variedade de material vegetal e animal		E	21, 45
	<i>Cossypha dichroa</i> (Gmelin) 1789	principalmente insetos, também frutos	I	E	21, 45
	<i>Cossypha natalensis</i> Smith,A 1840	frutos, invertebrados		E	5
	<i>Erythropygia leucophrys</i> (Vieillot) 1817	invertebrados, botões		E	45
	<i>Monticola explorator</i> (Vieillot) 1818	frutos, sementes, insetos		E	45
	<i>Monticola rupestris</i> (Vieillot) 1818	frutos, sementes, néctar, invertebrados		E	45
	<i>Muscicapa adusta</i> (Boie,F) 1828	frutos, insetos	F/I	E	5, 45
	<i>Muscicapa caerulescens</i> (Hartlaub) 1865	insetos, as vezes frutos	I	E	5
	<i>Pogonocichla stellata</i> (Vieillot) 1818	frutos, invertebrados		E	5, 21, 22, 45
	<i>Saxicola torquatus</i> (Linnaeus) 1766	invertebrados, ocasionalmente vertebrados, frutos e sementes		E	21, 45
	<i>Sheppardia sharpei</i> (Shelley) 1903	invertebrados		E	22
	<i>Sigelus silens</i> (Shaw) 1809	frutos, insetos	F/I	E	45
	<i>Tarsiger indicus</i> (Vieillot) 1817	insetos	I	O	25
	<i>Tarsiger johnstoniae</i> (Ogilvie-Grant) 1906	insetos	I	O	25
<i>Thamnolaea cinnamomeiventris</i> (Lafresnaye) 1836	frutos, néctar, insetos		E	45	
Nectariniidae	<i>Aethopyga gouldiae</i> (Vigors) 1831	néctar, artrópodes	N	O	73
	<i>Aethopyga nipalensis</i> (Hodgson) 1836	néctar, pequenos vertebrados		O	73
	<i>Anthreptes rubritorques</i> Reichenow 1905	frutos, néctar, insetos		E	22

Continuação

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*
Nectariniidae	<i>Nectarinia famosa</i> (Linnaeus) 1766	néctar, insetos, vertebrados		E	45
Paridae	<i>Parus monticolus</i> Vigors 1831	pouca informação; pequenos invertebrados, frutos, botões de flores		O	25
	<i>Poecile atricapillus</i> (Linnaeus) 1766	principalmente insetos, também material vegetal	I	NA	42
	<i>Poecile gambeli</i> (Ridgway) 1886	principalmente insetos noturnos, também frutos, sementes	I	NA	42
Parulidae	<i>Basileuterus coronatus</i> (Tschudi) 1844	insetos	I	NT	36
	<i>Basileuterus nigrocristatus</i> (Lafresnaye) 1840	insetos	I	NT	36
	<i>Basileuterus tristriatus</i> (Tschudi) 1844	insetos	I	NT	36
	<i>Dendroica caerulescens</i> (Gmelin) 1789	insetos, também frutos, sementes, néctar		NA	32, 33
	<i>Myioborus torquatus</i> (Baird,SF) 1865	insetos	I	NT	8
Passeridae	<i>Montifringilla nivalis</i> (Linnaeus) 1766	insetos, sementes		P	65
	<i>Petronia petronia</i> (Linnaeus) 1766	sementes, também frutos e material animal		P	69
Petroicidae	<i>Petroica phoenicea</i> Gould 1837	artrópodes	I	A	34
Phasianidae	<i>Bonasa umbellus</i> (Linnaeus) 1766	artrópodes, material vegetal		NA	42
	<i>Dendragapus obscurus</i> (Say) 1822	artrópodes, material vegetal		NA	24, 39, 53, 56
	<i>Lagopus leucura</i> (Richardson) 1831	artrópodes, material vegetal		NA	41
	<i>Scleroptila levaillantii</i> (Valenciennes) 1825	bulbos, rizomas, invertebrados		E	45
Picidae	<i>Colaptes campestris</i> (Vieillot) 1818	artrópodes	I	NT	4
	<i>Dendropicos griseocephalus</i> (Boddaert) 1783	insetos	I	E	22, 45
	<i>Geocolaptes olivaceus</i> (Gmelin) 1788	insetos	I	E	45
	<i>Picoides pubescens</i> (Linnaeus) 1766	frutos, sementes, artrópodes		NA	42
	<i>Picoides villosus</i> (Linnaeus) 1766	frutos, sementes, artrópodes		NA	42
Pipridae	<i>Corapipo altera</i> Hellmayr 1906	principalmente frutos, pequena proporção de artrópodes	F	NT	8, 10, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 49
	<i>Corapipo leucorrhoea</i> (Sclater,PL) 1863	principalmente frutos, pequena proporção de artrópodes	F	NT	9, 50, 63
	<i>Dixiphia pipra</i> (Linnaeus) 1758	frutos, insetos	F/I	NT	8, 10, 15, 17, 50, 51
	<i>Dixiphia mentalis</i> (Sclater,PL) 1857	frutos, insetos	F/I	NT	8, 9, 10, 15, 50
Ploceidae	<i>Amblyospiza albifrons</i> (Vigors) 1831	frutos, sementes, insetos		E	45
	<i>Euplectes axillaris</i> (Smith,A) 1838	sementes, insetos		E	45

Continuação

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*
Ploceidae	<i>Euplectes progne</i> (Boddaert) 1783	sementes, artrópodes		E	45
	<i>Ploceus capensis</i> (Linnaeus) 1766	variedade de material vegetal e animal		E	45
Podicipedidae	<i>Rollandia rolland</i> (Quoy & Gaimard) 1824	peixes, artrópodes		NT	62
Promeropidae	<i>Modulatrix stictigula</i> (Reichenow) 1906			E	22
	<i>Promerops gurneyi</i> Verreaux, J 1871	néctar, artrópodes	N	E	45
Prunellidae	<i>Prunella collaris</i> (Scopoli) 1769	artrópodes, algum material vegetal		P	65
Pscittacidae	<i>Amazona farinosa</i> (Boddaert) 1783	frutos, sementes		NT	38
	<i>Ara ambiguus</i> (Bechstein) 1811	sementes, talvez frutos		NT	8, 15
	<i>Ara militaris</i> (Linnaeus) 1766	frutos	F	NT	68
	<i>Aratinga wagleri</i> (Gray, GR) 1845	pouca informação; milho		NT	38
	<i>Bolborhynchus lineola</i> (Cassin) 1853	material vegetal		NT	8, 38
	<i>Pyralia haematotis</i> (Sclater, PL & Salvin) 1860	frutos, sementes, também folhas verdes		NT	15
	<i>Pyralia pulchra</i> (Berlepsch) 1897			NT	38
	<i>Touit costaricensis</i> (Cory) 1913	frutos	F	NT	8
	<i>Tricharia malachitacea</i> (Spix) 1824	frutos, sementes		NT	4
	Ptilonotidae	<i>Ptilonotus caudatus</i> Cabanis 1861	frutos, insetos	F/I	NT
Pycnonotidae	<i>Alophoixus ochraceus</i> (Moore) 1854	frutos, insetos	F/I	O	46
	<i>Arizelocichla masukuensis</i> (Shelley) 1897	frutos, artrópodes	F/I	E	22
	<i>Arizelocichla milanensis</i> (Shelley) 1894	variedade de material vegetal e animal		E	22
	<i>Arizelocichla tephrolaema</i> (Gray, GR) 1862	frutos, insetos	F/I	E	22
	<i>Pycnonotus atriceps</i> (Temminck) 1822	frutos, invertebrados		O	46
	<i>Spizixos canifrons</i> Blyth 1845	frutos, sementes, insetos		O	73
	Rallidae	<i>Fulica americana</i> Gmelin 1789	vegetação aquática, artrópodes		NT
Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i> (Gould) 1833	frutos, flores, insetos, pequenos vertebrados, ovos		NT	8, 26, 50
	<i>Pteroglossus sanguineus</i> Gould 1854	frutos, vertebrados, ovos, insetos		NT	38
	<i>Pteroglossus torquatus</i> (Gmelin) 1788	frutos, sementes, insetos, vertebrados		NA	44
	<i>Selenidera spectabilis</i> Cassin 1858	pouca informação; frutos, artrópodes, lagartos		NT	8, 15
Sarothruridae	<i>Sarothrura affinis</i> (Smith, A) 1828	insetos, outros artrópodes	I	E	45
	<i>Sarothrura elegans</i> (Smith, A) 1839	invertebrados, sementes		E	5, 45

Continuação

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*
Sarothruridae	<i>Sarothrura rufa</i> (Vieillot) 1819	invertebrados		E	45
Semnornithidae	<i>Semnornis frantzii</i> (Sclater,PL) 1864	frutos, néctar, flores, insetos		NT	8, 50
Sittidae	<i>Sitta canadenses</i> Linnaeus 1766	sementes, insetos, ocasionalmente frutos		NA	42
Steatornithidae	<i>Steatornis caripensis</i> Humboldt 1817	frutos	F	NT	38
Stenostiridae	<i>Chelidorhynch hypoxantha</i> (Blyth) 1843	insetos	I	O	73
	<i>Elminia albonotata</i> (Sharpe) 1891	principalmente insetos	I	E	22
	<i>Stenostira scita</i> (Vieillot) 1818	insetos, outros invertebrados	I	E	45
Strigidae	<i>Strix occidentalis</i> (Xantus de Vesey) 1860	vertebrados		NA	48
Sturnidae	<i>Onychognathus morio</i> (Linnaeus) 1766	principalmente frutos	F	E	45
	<i>Onychognathus walleri</i> (Shelley) 1880	frutos, animais		E	22
	<i>Poeoptera kenricki</i> Shelley 1894	frutos	F	E	22
	<i>Sturnus vulgaris</i> Linnaeus 1758	variedade de material vegetal e animal		NA	42
Sylviidae	<i>Alcippe morrisonia</i> Swinhoe 1863	insetos, frutos, sementes		O	25
	<i>Fulvetta cinereiceps</i> (Verreaux,J) 1870	insetos, moluscos		O	25
	<i>Pseudoalcippe abyssinica</i> (Ruppell) 1840	insetos, moluscos, frutos, sementes		E	22
	<i>Sylvia layardi</i> (Hartlaub) 1862	principalmente insetos, também frutos, sementes	I	E	45
Thamnophilidae	<i>Dysithamnus mentalis</i> (Temminck) 1823	insetos, também frutos	F/I	NT	8, 15
	<i>Myrmeciza immaculata</i> (Lafresnaye) 1845	artrópodes, lagartos, sapos		NT	8
Thraupidae	<i>Cyanerpes caeruleus</i> (Linnaeus) 1758	frutos, artrópodes	F/I	NT	8
	<i>Cyanerpes cyaneus</i> (Linnaeus) 1766	frutos, artrópodes	F/I	NT	8
	<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus) 1766	frutos, artrópodes	F/I	NT	15
	<i>Dacnis venusta</i> Lawrence 1862	frutos, artrópodes	F/I	NT	15
	<i>Diglossa albilatera</i> Lafresnaye 1843	néctar, insetos	N	NT	15, 17
	<i>Diglossa baritula</i> Wagler 1832	néctar, artrópodes	N	NA	23
	<i>Diglossa indigotica</i> Sclater,PL 1856	frutos, néctar, artrópodes		NT	36
	<i>Diglossopsis cyanea</i> (Lafresnaye) 1840	frutos, néctar, insetos		NT	36
	<i>Diglossopsis glauca</i> Sclater,PL & Salvin 1876	pouca informação; frutos, insetos, néctar		NT	36
	<i>Heterospingus xanthopygius</i> (Sclater,PL) 1855	pouca informação; frutos, artrópodes	F/I	NT	38
<i>Iridophanes pulcherrimus</i> (Sclater,PL) 1853	pouca informação; frutos, insetos, néctar		NT	38	

Continuação

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*
Thraupidae	<i>Oryzoborus funereus</i> Sclater, PL 1860	Sementes		NT	38
	<i>Pipraeidea melanonota</i> (Vieillot) 1819	insetos, vegetais		NT	38
	<i>Piranga bidentata</i> Swainson 1827	frutos, artrópodes	F/I	NT	6
	<i>Piranga flava</i> (Vieillot) 1822	frutos, artrópodes	F/I	NT	38
	<i>Piranga ludoviciana</i> (Wilson, A) 1811	principalmente insetos, também frutos	I	NT	38
	<i>Ramphocelus flammigerus</i> (Jardine & Selby) 1833	frutos, artrópodes	F/I	NT	38
	<i>Tangara dowii</i> (Salvin) 1863	frutos, insetos	F/I	NT	38
	<i>Tangara florida</i> (Sclater, PL & Salvin) 1869	frutos, artrópodes	F/I	NT	38
	<i>Tangara gyrola</i> (Linnaeus) 1758	frutos, artrópodes	F/I	NT	8, 38
	<i>Tangara heinei</i> (Cabanis) 1850	frutos, artrópodes	F/I	NT	15, 38
	<i>Tangara icterocephala</i> (Bonaparte) 1851	frutos, botões de flores, artrópodes		NA	44
	<i>Tangara larvata</i> (Du Bus de Gisignies) 1846	frutos, artrópodes	F/I	NT	8, 15, 17, 50
	<i>Tangara lavinia</i> (Cassin) 1858	frutos, artrópodes	F/I	NT	8, 50
<i>Tangara nigroviridis</i> (Lafresnaye) 1843	frutos, alguns artrópodes	F/I	NT	68	
<i>Thraupis cyanocephala</i> (Orbigny & Lafresnaye) 1837	frutos, insetos	F/I	NT	68	
Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi</i> (Allen) 1876	pouca informação; provavelmente invertebrados		NT	61
Tichodromidae	<i>Tichodroma muraria</i> (Linnaeus) 1766	insetos, outros artrópodes	I	P	64
Timaliidae	<i>Stachyridopsis ruficeps</i> (Blyth) 1847	insetos, ocasionalmente frutos	I	O	25
Tityridae	<i>Onychorhynchus coronatus</i> (Statius Muller) 1776	insetos	I	NT	15
	<i>Oxyruncus cristatus</i> Swainson 1821	frutos, insetos	F/I	NT	8, 28
	<i>Tityra semifasciata</i> (Spix) 1825	principalmente frutos, alguns insetos, ocasionalmente lagartos	F	NA	44
Trochilidae	<i>Adelomyia melanogenys</i> (Fraser) 1840	néctar, insetos	N	NT	8
	<i>Aglaiocercus coelestis</i> (Gould) 1861	néctar, insetos	N	NT	8
	<i>Amazilia amabilis</i> (Gould) 1853	néctar	N	NT	8
	<i>Amazilia cyanura</i> Gould 1859	néctar, insetos	N	NT	8
	<i>Amazilia franciae</i> (Bourcier & Mulsant) 1846	néctar, insetos	N	NT	8
	<i>Androdon aequatorialis</i> Gould 1863	néctar, insetos	N	NT	8
	<i>Boissonneaua matthewsii</i> (Bourcier) 1847	néctar, insetos	N	NT	8

Continuação

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*
Trochilidae	<i>Calliphlox mitchellii</i> (Bourcier) 1847	néctar, insetos	N	NT	8, 9, 15
	<i>Campylopterus falcatus</i> (Swainson) 1821	néctar, insetos	N	NT	6, 8, 30
	<i>Campylopterus hemileucurus</i> (Deppe) 1830	néctar, insetos	N	NT	30
	<i>Chaetocercus astreans</i> (Bangs) 1899	néctar, insetos	N	NT	30
	<i>Chalcostigma herrani</i> (Delattre & Bourcier) 1846	néctar, insetos	N	NT	30
	<i>Coeligena phalerata</i> (Bangs) 1898	néctar, insetos	N	NT	35
	<i>Coeligena torquata</i> (Boissonneau) 1840	néctar, insetos	N	NT	35
	<i>Coeligena wilsoni</i> (Delattre & Bourcier) 1846	néctar, insetos	N	NT	35
	<i>Colibri coruscans</i> (Gould) 1846	néctar, insetos	N	NT	36
	<i>Colibri delphinae</i> (Lesson) 1839	néctar, insetos	N	NT	36
	<i>Colibri thalassinus</i> (Swainson) 1827	néctar, insetos	N	NT	6, 36, 68
	<i>Discosura conversii</i> (Bourcier & Mulsant) 1846	néctar, insetos	N	NT	36
	<i>Doryfera ludovicae</i> (Bourcier & Mulsant) 1847	néctar, insetos	N	NT	36
	<i>Elvira cupreiceps</i> (Lawrence) 1866	néctar, insetos	N	NT	38
	<i>Eriocnemis aline</i> (Bourcier) 1843	néctar, insetos	N	NT	38
	<i>Eriocnemis derbyi</i> (Delattre & Bourcier) 1846	néctar, insetos	N	NT	38
	<i>Eriocnemis mosquera</i> (Delattre & Bourcier) 1846	néctar	N	NT	38
	<i>Eupherusa eximia</i> (Delattre) 1843	néctar, insetos	N	NT	38
	<i>Eupherusa nigriventris</i> Lawrence 1868	néctar, insetos	N	NT	38
	<i>Eutoxeres aquila</i> (Bourcier) 1847	néctar	N	NT	38
	<i>Florisuga mellivora</i> (Linnaeus) 1758	néctar, insetos	N	NT	38
	<i>Haplophaedia aureliae</i> (Bourcier & Mulsant) 1846	néctar, insetos	N	NT	38
	<i>Heliangelus exortis</i> (Fraser) 1840	néctar, insetos	N	NT	8, 38
	<i>Heliodoxa jacula</i> Gould 1850	néctar, insetos	N	NT	38, 67, 68
	<i>Heliodoxa leadbeateri</i> (Bourcier) 1843	néctar, substancial captura de insetos	N	NT	40
	<i>Heliomaster constantii</i> (Delattre) 1843	néctar, insetos	N	NT	6
	<i>Hylocharis eliciae</i> (Bourcier & Mulsant) 1846	néctar, insetos	N	NT	36, 40
	<i>Lampornis castaneiventris</i> (Gould) 1851	néctar, insetos	N	NT	36, 40
	<i>Lophornis helenae</i> (Delattre) 1843	néctar, insetos	N	NT	36, 40

Continuação

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*
Trochilidae	<i>Metallura baroni</i> Salvin 1893	néctar, insetos	N	NT	36, 40
	<i>Metallura tyrianthina</i> (Loddiges) 1832	néctar, insetos	N	NT	40, 71
	<i>Metallura williami</i> (Delattre & Bourcier) 1846	néctar	N	NT	67
	<i>Microchera albocoronata</i> (Lawrence) 1855	néctar, insetos	N	NT	67
	<i>Ocreatus underwoodii</i> (Lesson) 1832	néctar, insetos	N	NT	67
	<i>Panterpe insignis</i> Cabanis & Heine 1860	néctar, insetos	N	NT	8, 9, 67
	<i>Phaethornis guy</i> (Lesson) 1833	néctar, insetos	N	NT	8, 9, 67
	<i>Phaethornis longirostris</i> (Delattre) 1843	néctar, insetos	N	NT	8, 15, 40, 67
	<i>Phaethornis malaris</i> (Nordmann) 1835	néctar, insetos	N	NT	8, 9, 15, 38, 67
	<i>Phaethornis syrmatorphorus</i> Gould 1852	néctar, insetos	N	NT	68
	<i>Selasphorus scintilla</i> (Gould) 1851	néctar, insetos	N	NT	68
	<i>Thalurania colombica</i> (Bourcier) 1843	néctar, insetos	N	NT	68
	<i>Thalurania furcata</i> (Gmelin) 1788	néctar, insetos	N	NT	68
	<i>Threnetes ruckeri</i> (Bourcier) 1847	néctar, insetos	N	NT	68
Troglodytidae	<i>Henicorhina leucophrys</i> (Tschudi) 1844	invertebrados		NT	36
Trogonidae	<i>Apaloderma narina</i> (Stephens) 1815	insetos, também aranhas, vertebrados		E	5
	<i>Apaloderma vittatum</i> Shelley 1882	insetos	I	E	22
	<i>Pharomachrus antisianus</i> (Orbigny) 1837	frutos, também, insetos e vertebrados		NT	38
	<i>Pharomachrus mocinno</i> La Llave 1832	frutos, também, insetos e vertebrados		NT	8, 26, 57, 66
	<i>Trogon clathratus</i> Salvin 1866	frutos, insetos, poucos vertebrados		NT	8, 15
	<i>Trogon collaris</i> Vieillot 1817	insetos, também frutos	F/I	NT	8, 15
Turdidae	<i>Catharus frantzii</i> Cabanis 1861	insetos, outros artrópodes, frutos	F/I	NT	1
	<i>Catharus mexicanus</i> (Bonaparte) 1856	frutos, insetos		NT	1
	<i>Entomodestes coracinus</i> (Berlepsch) 1897	frutos	F	E	5
	<i>Myadestes melanops</i> Salvin 1865	frutos, também insetos	F/I	NT	8
	<i>Pseudalethe fuelleborni</i> (Reichenow) 1900	invertebrados, vertebrados, frutos		NT	15
	<i>Turdus albicollis</i> Vieillot 1818	frutos, invertebrados		NT	1
	<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis 1850	frutos, invertebrados		E	22
	<i>Turdus assimilis</i> Cabanis 1850	frutos	F	E	22

Continuação

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*	
Turdidae	<i>Turdus flavipes</i> Vieillot 1818	frutos	F	NT	30	
	<i>Turdus ignobilis</i> Sclater, PL 1858	frutos, invertebrados	F/I	NT	38	
	<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot 1818	frutos, invertebrados, lagartos		NT	38	
	<i>Turdus leucops</i> Taczanowski 1877	frutos	F	NT	38	
	<i>Turdus libonyana</i> (Smith, A) 1836	frutos, invertebrados, lagartos		NT	38	
	<i>Turdus obsoletus</i> Lawrence 1862	frutos, insetos	F/I	E	45	
	<i>Turdus olivaceus</i> Linnaeus 1766	variedade de material vegetal e animal		E	45	
	<i>Turdus olivater</i> (Lafresnaye) 1848	pouca informação; frutos	F	NT	6, 8, 15, 17, 50, 51	
	<i>Turdus plebejus</i> Cabanis 1861	frutos, sementes, invertebrados		NT	8, 9, 15, 17, 50	
	<i>Turdus serranus</i> Tschudi 1844	frutos	F	NT	68	
	<i>Zoothera gurneyi</i> (Hartlaub) 1864	invertebrados, vertebrados, frutos		NT	1, 68	
	<i>Zoothera guttata</i> (Vigors) 1831	invertebrados, frutos, sementes		NT	70	
	Tyrannidae	<i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck) 1824	insetos, aranhas, também frutos	F/I	NT	4
		<i>Contopus nigrescens</i> (Sclater, PL & Salvin) 1880	insetos	I	NT	2, 4
<i>Elaenia frantzii</i> Lawrence 1865		frutos, insetos	F/I	NT	8	
<i>Empidonax atriceps</i> Salvin 1870		insetos	I	NT	8	
<i>Empidonax flavescens</i> Lawrence 1865		insetos, aranhas, também frutos	F/I	NT	6, 8	
<i>Lessonia rufa</i> (Gmelin) 1789		insetos	I	NT	8, 15	
<i>Mionectes oleagineus</i> (Lichtenstein) 1823		frutos, insetos	F/I	NT	28	
<i>Mionectes olivaceus</i> Lawrence 1868		frutos, também artrópodes	F/I	NT	36	
<i>Muscipira vetula</i> (Lichtenstein) 1823		insetos	I	NT	36	
<i>Muscisaxicola alpinus</i> (Jardine) 1849		insetos	I	NT	36	
<i>Myiopagis caniceps</i> (Swainson) 1835		insetos, também frutos	F/I	NT	38	
<i>Pseudotriccus pelzelni</i> Taczanowski & Berlepsch 1885		insetos	I	NT	8, 9, 15, 17, 30, 50	
<i>Silvicultrix diadema</i> (Hartlaub) 1843		insetos	I	NT	8, 9, 15, 16, 50	
<i>Silvicultrix frontalis</i> (Lafresnaye) 1847		insetos	I	NT	62	
<i>Zimmerius vilissimus</i> (Sclater, PL & Salvin) 1859		insetos, também frutos	F/I	NT	62	
Vireonidae		<i>Vireo carmioli</i> Baird, SF 1866	artrópodes, também material vegetal		NT	8

Conclusão

Família	Espécie (autor)	Itens alimentares consumidos	CT	Região	Estudos*
Vireonidae	<i>Vireo cassinii</i> Xantus de Vesey 1858	artrópodes, também material vegetal		NA	62
	<i>Vireo flavirostris</i> (Cassin) 1851	principalmente animais, também material vegetal		NT	38
	<i>Vireo olivaceus</i> (Linnaeus) 1766	principalmente animais, também material vegetal		NT	38
Zosteropidae	<i>Chlorocharis emiliae</i> Sharpe 1888	frutos, insetos, material vegetal		O	46
	<i>Yuhina brunneiceps</i> Ogilvie-Grant 1906	frutos, néctar, invertebrados		O	25
	<i>Zosterops japonicus</i> Temminck & Schlegel 1845	frutos, néctar, insetos		O	25, 37
	<i>Zosterops pallidus</i> Swainson 1838	frutos, néctar, partes de vegetais, insetos		E	45
	<i>Zosterops palpebrosus</i> (Temminck) 1824	variedade de material vegetal e animal		O	73

Legenda: Grupos tróficos (CT) entre parênteses: frugívoros (F), insetívoros (I), frugívoros/insetívoros (F/I) e nectarívoros (N). As aves estudadas ocorrem nas regiões zoogeográficas: Australiana (A), Etiópica (E), Neártica (NA), Neotropical (NT), Oriental (O) e Paleártica (P). Estudos * (em ordem alfabética): **1** Alves (2007), **2** Areta and Bodrati (2008), **3** Areta and Bodrati (2010), **4** Bencke and Kindel (1999), **5** Berruti and Harrison (1994), **6** Biamonte et al. (2011), **7** Bildstein (2004), **8** Blake and Loiselle (2000), **9** Blake and Loiselle (2001), **10** Blake and Loiselle (2002), **11** Borrás et al. (2010a), **12** Borrás et al. (2010b), **13** Boyle (2008b), **14** Boyle (2010), **15** Boyle (2011), **16** Boyle (2008a), **17** Boyle et al. (2010a), **18** Boyle et al. (2010b), **19** Boyle et al. (2011), **20** Bridge et al. (2010), **21** Brown (2006), **22** Burgess and Mlingwa (2000), **23** Butler et al. (2002), **24** Cade and Hoffman (1993), **25** Chang et al. (2010), **26** Chaves-Campos (2004), **27** Chaves-Campos et al. (2003), **28** Da Silva (1993), **29** Fogden and Fogden (1997), **30** Fraser et al. (2008), **31** Gillis et al. (2008), **32** Graves et al. (2002), **33** Graves and Romanek (2009), **34** Green (2010), **35** Gutierrez et al. (2004), **36** Hardesty and Fraser (2010), **37** Hart et al. (2010), **38** Hilty (1997), **39** Hines (1986), **40** Hobson et al. (2003), **41** Hoffman and Braun (1975), **42** Hollenbeck and Ripple (2007), **43** Horvath and Sullivan (1988), **44** Inzunza and Rodriguez (2010), **45** Johnson and Maclean (1994), **46** Kimura et al. (2001), **47** Klemp (2003), **48** Laymon (1989), **49** Levey (1988), **50** Loiselle and Blake (1991), **51** Loiselle and Blake (1992), **52** Mackas et al. (2010), **53** Marshall (1946), **54** Morrissey (2004), **55** Morrissey et al. (2004), **56** Mussehl (1960), **57** Powell and Bjork (1995), **58** Powel and Bjork (2004), **59** Rabenold and Rabenold (1985), **60** Ramos (1996), **61** Roe and Rees (1979), **62** Rohwer et al. (2008), **63** Rosseli (1994), **64** Saniga (1995), **65** Senar and Borrás (2004), **66** Solórzano et al. (2000), **67** Stiles (1985), **68** Strewé and Navarro (2003), **69** Tavecchia et al. (2002), **70** Taylor and Komar (2010), **71** Tinoco et al. (2009), **72** Tsvelykh and Appak (2008), **73** Wang et al. (2000), **74** Wilson and Hocker (2008), **75** Winker et al. (1997), **76** Wright (2005).

Nota: A lista está em ordem alfabética das famílias e de espécies (em cada uma das famílias). Identificação taxonômica segundo Zoonomen Nomenclatural Data, 2012.

1.5 O que explica as migrações altitudinais das aves?

Vários fatores foram avaliados nos estudos encontrados na tentativa de explicar como se relacionam à migração altitudinal das aves. Constatamos que os fatores bióticos foram os mais estudados (27 artigos) se comparados aos fatores abióticos (oito artigos). O conjunto de fatores abordados nos estudos foi: 1) recursos alimentares (Levey 1988; Loiselle and Blake 1991; Levey and Stiles 1992; Rosselli 1994; Solórzano et al. 2000; Blake and Loiselle 2001; Kimura et al. 2001; Chaves-Campos et al. 2003; Chaves-Campos 2004; Wright 2005; Boyle 2008b, 2010; Boyle et al. 2010a; Bridge et al. 2010; Faaborg et al. 2010); 2) estrutura e seleção de habitat (Loiselle and Blake 1991, 1992; Blake and Loiselle 2000, 2001, 2002); 3) risco de predação de ninhos (Boyle et al. 2011); 4) reprodução (Morrissey 2004; Morrissey et al. 2004; Boyle 2008a; Gillis et al. 2008; Mackas et al. 2010); 5) competição (Bildstein 2004; Gillis et al. 2008; Mackas et al. 2010); 6) habilidades locomotoras e segregação parcial dos sexos (Rabenold and Rabenold 1985; Hines 1986; Cade and Holffman 1993); 7) condições físicas e comportamentais (Boyle 2008b); 8) chuvas e condições climáticas (Boyle 2008b, 2011; Boyle et al. 2010b); e 9) muda da plumagem (Butler et al. 2002; Rohwer et al. 2008; Fraser et al. 2010).

Uma das principais explicações para os movimentos sazonais de aves florestais neotropicais é a variação espacial e temporal dos recursos alimentares nos diferentes habitats (Loiselle and Blake 1991; Levey and Stiles 1992). Relacionada a essa variação, a dieta possui importância primordial para determinar o grau de migrações altitudinais das aves neotropicais (Levey and Stiles 1992). Aves que se alimentam de recursos, como flores e frutos (que dependem de excedentes energéticos das plantas para sua formação), variam sazonalmente em função da produção desses recursos. Assim, as aves frugívoras e nectarívoras estão envolvidas em grandes movimentos altitudinais e intratropicais (Blake et al. 1990; Levey and Stiles 1992) para explorar flutuações sazonais e espaciais das plantas preferidas (Blake and Loiselle 2000; Boyle et al. 2010a). Um exemplo disso é a influência da quantidade de frutos nas migrações altitudinais das aves (Loiselle and Blake 1991; Kimura et al. 2001; Chaves-Campos et al. 2003; Wright 2005). Em um estudo realizado na Costa Rica, o período das migrações altitudinais de frugívoros foi associado à mudança na abundância de frutos, sendo observada a coincidência entre a presença dessas aves em altas elevações e o pico de abundância de frutos (Chaves-Campos et al. 2003). Também, os migrantes altitudinais permaneceram nas áreas menos elevadas durante o período de maior abundância de frutos

nessas áreas (Loiselle and Blake 1991; Chaves-Campos et al. 2003).

A disponibilidade de recursos alimentares e a estrutura do habitat podem influenciar a ocorrência das aves que migram altitudinalmente (Blake and Loiselle 2000, 2001, 2002). Por exemplo, na encosta atlântica na Costa Rica, as aves que consomem frutos foram mais comuns no dossel e em habitat de crescimento secundário, onde os frutos foram mais abundantes e mais sazonais (Loiselle 1988; Loiselle and Blake 1991; Levey and Stiles 1992). Neste país, as aves que realizam migrações altitudinais constituem uma alta proporção das espécies que ocorrem nas florestas de elevada altitude, entre 1.500 a 2.000 m (Blake and Loiselle 2000), sendo mais comuns em florestas maduras (Loiselle and Blake 1992; Blake and Loiselle 2001) ou em habitats secundários (Blake and Loiselle 2001). Nas formações de crescimento secundário, a variação anual nas migrações altitudinais das aves foi mais pronunciada (Loiselle and Blake 1992). Provavelmente, tais habitats podem prover uma importante área alternativa de alimentação devido à abundância de frutos tipicamente encontrados nessas áreas (Loiselle and Blake 1991).

A complexidade da relação entre o uso do habitat e a migração altitudinal das aves foi detalhada em um estudo no nordeste da Costa Rica (Blake and Loiselle 2002). Para isso, quatro espécies de tangarás (pássaros frugívoros da família Pipridae) foram capturadas em florestas secundárias jovens (nove anos de crescimento) e tardias (aproximadamente 30 anos de crescimento) a 50, 500 e 1.000 m de altitude. As espécies exibiram uma variação sazonal no uso do habitat e em suas migrações, refletindo a preferência de habitats para a reprodução (Blake and Loiselle 2002). *Pipra pipra* foi primariamente restrita às elevadas altitudes (1.000 m), com poucos indivíduos ocasionalmente descendo para altitudes mais baixas durante a estação seca (Levey 1988; Blake and Loiselle 2002). A captura de *Corapipo altera* foi maior em florestas maduras, tanto nas altitudes onde ocorria a reprodução como nas altitudes onde esta não ocorria. Porém, a captura foi baixa nas áreas de crescimento secundário (Blake and Loiselle 2002). *Pipra mentalis* foi mais comum na baixada de florestas maduras, embora alguns indivíduos realizassem movimentos entre florestas jovens e maduras, o que provavelmente refletiu as migrações altitudinais (Levey 1988; Blake and Loiselle 2002). *Manacus manacus* foi mais capturada em jovens florestas secundárias e sua taxa de captura não variou entre as estações, não havendo evidências de migrações altitudinais (Blake and Loiselle 2002). Esses resultados evidenciaram o valor da manutenção do mosaico de habitats para a acomodação das mudanças sazonais no uso do habitat dessas espécies (Blake and Loiselle 2002).

A relação entre as migrações altitudinais de frugívoros e a disponibilidade de recursos

também foi estudada em Bornéu (Kimura et al. 2001) e em Papua Nova-Guiné (Wright 2005). No primeiro estudo, os movimentos altitudinais sazonais das aves frugívoras estiveram relacionados ao período de escassez de frutos em baixa altitude. As aves frugívoras migraram para áreas mais elevadas (acima de 2.000 m de altitude), onde foi observado período de frutificação contínuo ao longo do ano, sem picos de frutificação (Kimura et al. 2001). Em Papua Nova-Guiné, os rastros de *Casuaris bennetti* (ratita da família Casuariidae) em três diferentes altitudes (550, 900 e 1450 m) sugerem que alguns indivíduos movem-se altitudinalmente seguindo a disponibilidade de frutos (Wright 2005).

Embora tenha sido relativamente aceito que as migrações altitudinais ocorram em resposta à variação espacial e temporal da disponibilidade de frutos (Loiselle and Blake 1991; Alcock 2005; Boyle 2010, 2011), estudos têm revelado discrepâncias entre o pico de frutificação e as migrações das aves para as baixas altitudes (Rosselli 1994; Solórzano et al. 2000; Chaves-Campos et al. 2003; Chaves-Campos 2004; Boyle 2010). Provavelmente, fatores alternativos, como variação no clima, tolerância fisiológica para determinado clima, predadores ou parasitas (Boyle 2010), interagem com a limitação de recurso para explicar porque alguns frugívoros permanecem residentes, enquanto outros da mesma espécie migram para baixas altitudes depois da reprodução (Boyle 2010, 2011; Boyle et al. 2010a).

Boyle et al. (2010a) propuseram duas hipóteses para explicar como a variação espacial e temporal de recursos alimentares pode levar à migração altitudinal de algumas aves frugívoras. As hipóteses propostas foram: exclusão competitiva e especialização de dieta. A primeira hipótese baseou-se nas diferentes habilidades competitivas como mecanismo que dirige a evolução da migração altitudinal. Desse modo, as espécies residentes teriam vantagens durante o forrageamento, levando algumas espécies simpátricas não residentes a realizar migrações altitudinais. Enquanto que a hipótese da especialização de dieta baseou-se no comportamento de forrageamento e na extensão do consumo de frutos específicos para explicar as diferenças nas tendências migratórias. Dessa forma, as aves residentes teriam dietas restritas a poucos tipos de frutos, com preferência por determinado fruto. Essas hipóteses foram testadas por meio de comparação da dieta (amostras fecais para obter o nicho realizado) e de testes preferência de frutos (testes experimentais de escolha para obter o nicho fundamental). Para isso, foi feita uma análise pareada de sete espécies que migram altitudinalmente com sete espécies residentes filogeneticamente relacionadas e simpátricas na Costa Rica. Os resultados desse estudo revelaram que as aves migratórias consumiram maior diversidade de frutos e poucos artrópodes (em média, 5% de artrópodes nas amostras fecais), sendo a dieta mais relacionada aos frutos preferidos (apesar do pequeno tamanho amostral e

da marginal significância estatística). A dieta das aves migratórias não foi alterada pela preferência de frutos das aves residentes. As aves residentes consumiram baixa diversidade de frutos e, proporcionalmente, maior quantidade de artrópodes (em média, 21,9% de artrópodes nas amostras fecais). Portanto, os resultados sustentaram a hipótese de especialização de dieta, embora a preferência dos frutos deva ser mais trabalhada (Boyle et al. 2010a). A especialização de dieta poderia refletir adaptações formadas devido às interações competitivas passadas (Schluter 2000; Boyle et al. 2010a). Tais resultados também sugerem que a limitação de alimento tem influência na evolução das migrações das aves (Boyle et al. 2010a).

Os estudos previamente mencionados, que relacionaram a migração altitudinal aos recursos alimentares, indicam a complexidade dessa relação. Essa complexidade ocorre porque a disponibilidade de alimento provavelmente interage de forma importante com o clima e com as necessidades nutricionais e fisiológicas dos indivíduos, realçando como fatores intrínsecos e extrínsecos podem interagir e devem moldar a diversidade do padrão de migração intra e interespecificamente (Boyle 2008b).

Uma abordagem diferente para explicar a relação da disponibilidade de alimento e as migrações altitudinais de aves foi testada por meio da hipótese de que o aumento da massa corporal e das reservas de gordura podem antecipar as migrações de curta e média distância (como as migrações altitudinais) (Bridge et al. 2010). A hipótese sugeriu que as aves usariam fatores extrínsecos (como comprimento do dia e condições climáticas) para determinar quando deveriam migrar. Essa abordagem é diferente das citadas anteriormente, nas quais as aves migraram para os locais com maior disponibilidade de alimentos. Bridge et al. (2010) testaram a hipótese por meio de um experimento de campo no qual houve variação na quantidade de alimento fornecida aos indivíduos de *Junco hyemalis* (pequenos pardais silvestres da família Emberizidae) em Oklahoma, EUA. As aves que receberam abundante fornecimento de alimento no início da primavera tiveram aumento em sua massa corporal e no armazenamento de gordura e, com isso, anteciparam as migrações altitudinais se comparadas às aves do grupo controle ou do grupo que recebeu tratamento com dieta restrita. Segundo os autores, esses resultados indicaram um simples mecanismo pelo qual as aves que migram à curta distância puderam sincronizar seu comportamento de migração e seu ciclo reprodutivo com a disponibilidade de recursos nas áreas reprodutivas, quando essas áreas eram próximas o bastante das áreas de inverno e eram afetadas, em larga escala, pelos mesmos fenômenos climáticos e bióticos (Bridge et al. 2010).

Outra explicação primária proposta para esclarecer as migrações de aves que voam para áreas mais elevadas durante a época reprodutiva foi a variação no risco de predação de

ninhos (Loiselle and Blake 1991; Boyle 2008a; Faaborg et al. 2010). Essa hipótese postula que risco de predação de ninhos é negativamente associado ao aumento da altitude (Fretwell 1980). Entretanto, poucos estudos empíricos foram realizados para comprovar esse fator (Boyle 2008a). Um experimento utilizando ninhos artificiais foi realizado ao longo da encosta atlântica da Costa Rica (com variação de 30 a 2.906 m de altitude) com o objetivo de avaliar como o risco de predação varia ao longo do gradiente (Boyle 2008a). Dados coletados de 385 ninhos artificiais mostraram um declínio da predação de ninhos com o aumento da altitude, apesar do maior risco de predação de ninhos ter ocorrido de 500 a 650 m de altitude. A maioria das espécies estudadas (57%) migrou das áreas de baixas altitudes (40 e 120 m) para áreas mais elevadas (1.650, 2.050 e 2.780 m de altitude) onde o risco de predação dos ninhos foi menor. Mesmo as espécies migrantes que ocorrem nas florestas abaixo de 300 m de altitude se reproduziram em altitudes supostamente mais seguras, pois geralmente migraram para altitudes superiores a 500-650 m. Esses resultados sugerem que essa hipótese pode contribuir para explicar porque as aves migram para reproduzirem em altitudes elevadas. O risco de predação de ninhos pode ser um fator dependente da densidade de aves e pode representar um importante papel na criação do gradiente de risco de predação observado (Boyle 2008a).

A migração altitudinal também pode afetar ao sucesso reprodutivo de algumas espécies de aves (Morrissey 2004; Morrissey et al. 2004; Gillis et al. 2008; Mackas et al. 2010; Boyle et al. 2011), tendo sido estudado em *Corapipo altera* (Pipridae) e *Cinclus mexicanus* (Cinclidae). Tais migrações podem envolver demandas conflitantes (*trade-offs*), uma vez que ao migrarem, alguns indivíduos garantiram acesso aos recursos limitados (alimento – Boyle 2008b; Boyle et al. 2011; ou locais para nidificar – Gillis et al. 2008; Mackas et al. 2010). Porém, a migração implicou em reduções do sucesso reprodutivo das aves migratórias se comparadas às aves residentes (Morrissey 2004; Morrissey et al. 2004; Gillis et al. 2008; Mackas et al. 2010; Boyle et al. 2011).

Corapipo altera é um pequeno tangará frugívoro, que possui sistema reprodutivo de *lek*, no qual um macho dominante (alfa) realiza uma elaborada apresentação para atrair as fêmeas ou controla um conjunto de machos subordinados durante a apresentação (Rosselli et al. 2002; Boyle et al. 2011). Os custos da migração altitudinal e o sucesso reprodutivo dessa espécie foram avaliados no nordeste da Costa Rica (Boyle et al. 2011). Os resultados mostraram que a tendência à migração dessa espécie depende de variações interanuais no clima, tamanho corporal, custos físicos da corte e de perspectivas reprodutivas do ano seguinte. Os machos adultos tiveram maior probabilidade de migrar altitudinalmente, pois

possuíam menores tamanhos corporais e maiores demandas energéticas se comparados às fêmeas (Boyle 2008b; Boyle et al. 2011). Portanto, os machos teriam maior risco de mortalidade devido à sua pequena capacidade de jejum (Boyle 2008b, 2011) se eventos climáticos reduzissem o seu tempo de forrageamento (Boyle et al. 2010b). Boyle et al. (2011) também verificaram que incidiram sobre os machos que migraram os custos da diminuição do status social. Os machos alfas residentes utilizaram mais tempo em sua exibição de corte, vocalizavam mais e tinham maiores grupos de machos subordinados para atrair as fêmeas. Assim, os residentes atraíram as fêmeas com mais frequência e por mais tempo do que machos que realizaram migrações altitudinais. Desse modo, as decisões migratórias dessa espécie estiveram sujeitas tanto à seleção natural (clima relacionado à capacidade de jejum) quanto à seleção sexual (sistema de reprodução *lekking*) (Boyle et al. 2011).

A reprodução de *C. mexicanus*, pássaro associado a ambientes lóticos em áreas montanhosas do Canadá, também não foi favorecida pela migração altitudinal (Morrissey 2004; Morrissey et al. 2004; Gillis et al. 2008; Mackas et al. 2010). Essa espécie realiza migrações facultativas, utilizando apenas uma estratégia durante a vida: permanecer residente ou migrar para reproduzir em elevadas altitudes (Gillis et al. 2008). A maioria dos indivíduos realiza migrações altitudinais (Morrissey et al. 2004) e a estratégia utilizada pelas aves pode ser diferente da exibida pelos pais, indicando que o comportamento de migração altitudinal pode ter componentes genético, ambiental ou pode relacionar-se com as condições sociais (Gillis et al. 2008). De modo geral, os indivíduos migrantes tiveram menor produtividade que residentes (Morrissey 2004; Morrissey et al. 2004; Gillis et al. 2008; Mackas et al. 2010), o que pode ter ocorrido devido ao início tardio da reprodução e, conseqüentemente, à menor probabilidade de ter a segunda prole (Morrissey et al. 2004; Gillis et al. 2008). Outro fator relacionado à baixa produtividade dos indivíduos que migraram altitudinalmente foi a alimentação fornecida aos filhotes, que embora tenha sido fornecida com uma maior frequência, possuía um menor teor energético (pois era constituída de menor quantidade de peixes e maior quantidade de invertebrados aquáticos) quando comparada à alimentação dos filhotes de pais residentes (Mackas et al. 2010). Assim, os indivíduos residentes apresentaram maior produtividade anual e maior sucesso reprodutivo ao longo da vida (Gillis et al. 2008) e os indivíduos migrantes produziram proles com menor índice de condição de ninhada (estimado pelos resíduos da regressão entre comprimento do tarso e massa corporal) e menor sobrevivência (Mackas et al. 2010).

A migração de alguns indivíduos de *C. mexicanus* para reprodução em elevadas altitudes e a ausência de conflito entre a fecundidade e o cuidado parental ou a sobrevivência

dos filhotes sugere que as variações na história de vida dessa espécie são mais dirigidas por fatores ecológicos do que pressões exercidas por diferentes condições em diferentes altitudes (Mackas et al. 2010). Dessa forma, a migração altitudinal de *C. mexicanus* poderia ser explicada pela competição intraespecífica por limitados locais para nidificação nas baixas elevações (Gillis et al. 2008; Mackas et al. 2010). Isso forçaria alguns indivíduos a procurar oportunidades de reprodução fora de suas áreas iniciais (Gillis et al. 2008). Entretanto, a competição entre as aves que migram altitudinalmente e as residentes neotropicais é pouco estudada. O número de migrantes envolvidos e as similaridades ecológicas entre muitas espécies sedentárias e que migram sugerem uma provável competição generalizada (Bildstein 2004).

Também pôde ser observada segregação parcial de sexos durante as migrações altitudinais de aves (Rabenold and Rabenold 1985; Hines 1986; Cade and Holffman 1993), o que pode estar relacionado às características dos movimentos de aves de diferentes sexos e idade. Estudos realizados com a perdiz *Dendragapus obscurus* (Phasianidae) revelaram a ocorrência de segregação parcial de sexos durante as migrações altitudinais (Hines 1986; Cade and Holffman 1993). Em áreas de inverno no Colorado (EUA), os machos partiram antes das áreas reprodutivas mais elevadas, percorreram maiores distâncias e moveram-se mais rapidamente que as fêmeas (Cade and Holffman 1993). Na Ilha Hardwicke (Canadá), machos e jovens migraram por maiores distâncias e as fêmeas passaram o inverno em menores altitudes se comparadas aos machos (Hines 1986). Já a segregação geográfica de *Junco hyemalis* ocorreu devido às diferentes distâncias percorridas pelos indivíduos na Carolina do Norte, EUA (Rabenold and Rabenold 1985). A maioria dos indivíduos de *Junco hyemalis carolinensis* passou o inverno a 600 m de altitude, enquanto que a maioria dos indivíduos de *Junco hyemalis hyemalis* foi mais encontrada nas baixas altitudes. *Junco hyemalis carolinensis* realizou migração altitudinal diferenciada para os sexos, sendo as fêmeas mais frequentes nas áreas de baixa elevação. Os machos foram mais comuns acima de 600 m de altitude, permanecendo mais próximos às áreas reprodutivas. Alguns machos, de maior tamanho corporal, eram residentes no habitat reprodutivo ao longo do ano, enquanto outros migraram ao longo de toda a faixa altitudinal. Rabenold and Rabenold (1985) consideraram a variação altitudinal na ocorrência dos indivíduos uma resposta adaptativa flexível aparentemente dependente das condições ambientais, relacionada à sobrevivência ou à variação comportamental. A explicação fornecida para esse padrão pareceu consistente com a hipótese da dominância social na competição por alimento afetando a distribuição dos indivíduos no inverno (Rabenold and Rabenold 1985). Essa hipótese foi proposta para

explicar a dominância por alimentos de indivíduos de maior tamanho corporal sobre os de menor tamanho, o que criou variações nas migrações altitudinais (exemplo Fretwell 1969; Ketterson and Nolan 1976), de modo que as fêmeas subordinadas deixaram as áreas de reprodução para evitar a competição com machos dominantes (Balph 1975; Ketterson and Nolan 1976). Estudos sobre a hipótese da dominância intersexual de *J. hyemalis carolinensis* e de dominância entre as subespécies *J. hyemalis carolinensis* e *J. h. hyemalis* realizados em aviários (Millikan et al. 1985; Wiedenmann and Rabenold 1987) dão suporte aos resultados encontrados por Rabenold and Rabenold (1985).

A migração de alguns indivíduos, mas não de todos (migração facultativa) pode ser explicado pelas condições físicas e comportamentais dos indivíduos. No estudo realizado com *C. altera* (Pipridae) na Costa Rica, três hipóteses (dominância, tempo de chegada e tamanho corporal) foram usadas para explicar a migração facultativa (Boyle 2008b). As predições dessas três hipóteses, reformulada no contexto das migrações altitudinais de aves, diferiram dependendo do sexo, da idade e das condições dos indivíduos que migraram altitudinalmente e dos residentes. As aves mais propensas a migrar poderiam ser os jovens (com menores habilidades competitivas – hipótese de dominância), as fêmeas (que reprodutivamente perderiam menos ao deixar as áreas reprodutivas do que os machos, que ao migrar perderiam as áreas de *lek* e posições sociais – hipótese do tempo de chegada) ou os machos (que possuíam menores tamanhos corporais, o que gera desvantagens fisiológicas quando suportam o estresse relacionado ao frio e à fome – hipótese do tamanho corporal) (Boyle 2008b). Os resultados encontrados mostraram que todas as variáveis interagiram com o sexo para explicar a variação no comportamento de migração, sendo os machos mais propensos a migrarem altitudinalmente (hipótese de tamanho corporal). A disponibilidade de alimento provavelmente interagiu de forma importante com o clima e com as necessidades nutricionais e fisiológicas dos indivíduos, limitando as oportunidades de forrageamento nas altitudes mais elevadas. As limitadas oportunidades de forrageamento podem afetar a capacidade de jejum dessa espécie durante chuvas torrenciais e podem explicar a migração para as áreas de baixas altitudes. Tais resultados realçaram como fatores intrínsecos e extrínsecos podem interagir para moldar a diversidade das migrações intra e interespecíficas (Boyle 2008b).

Uma explicação alternativa para as migrações altitudinais das aves em ambientes tropicais relaciona-se com as condições climáticas. Há aproximadamente quarenta anos Alexander Skutch especulou que severas tempestades tropicais poderiam influenciar a migração altitudinal das aves para as altitudes menos elevadas (Boyle et al. 2010b), o que estava relacionado à alostase (Boyle 2008b; Boyle et al. 2010b). A alostase é a habilidade dos

animais de ajustar fatores internos críticos de acordo com mudanças nas condições externas ou demandas internas (McEwen and Wingfield 2003; Landys et al. 2006). Perturbações imprevisíveis (como tempestades) podem gerar um déficit no consumo de energia pelas aves, aumentando sua carga alostática, isto é, aumentando os custos cumulativos para manter a estabilidade corporal frente a eventos previsíveis e imprevisíveis (McEwen and Wingfield 2003; Landys et al. 2006; Boyle et al. 2010b). Como tentativa de atenuar ou aliviar esse desequilíbrio energético (Wingfield 2003; Boyle 2008b) e aumentar sua sobrevivência (Boyle et al. 2010b), as aves podem migrar para áreas de baixa altitude (Wingfield 2003; Boyle 2008b).

Apesar dessas influências no comportamento e na fisiologia das aves, poucos estudos tem considerado o papel do clima afetando as decisões relacionadas às migrações altitudinais das aves (Boyle 2011). Boyle et al. (2010b) forneceram um novo modo de relacionar as tempestades tropicais com a dieta e os atributos corporais (tamanho corporal, padrões de muda de plumagem) das aves: a hipótese da limitada oportunidade de forrageamento (Boyle 2008b). Essa hipótese propõe que, em florestas tropicais úmidas, onde as aves estão sujeitas a tempestades por vários dias, pode ocorrer uma redução no número de horas disponíveis para o forrageamento, aumentando assim, o risco de mortalidade de alguns indivíduos (Boyle 2008b; Boyle et al. 2010b). Dessa forma, as oportunidades limitadas de forrageamento nas elevadas altitudes (onde há maior ocorrência de chuvas) e as diferenças nas condições individuais afetariam a capacidade de jejum das aves durante fortes chuvas (Boyle 2008b, 2011). As aves mais propensas a abandonar as áreas reprodutivas em direção às altitudes mais baixas seriam as mais metabolicamente desafiadas, ou seja, as de pequeno porte (com altas taxas metabólicas), as que dependem de alimentos com baixa concentração nutricional (como frugívoros e nectarívoros) e os indivíduos com condições corporais comprometidas por patógenos, muda ou estresse reprodutivo (Boyle 2011). Assim, em *C. altera* na Costa Rica (Boyle 2008b; Boyle et al. 2010b), as fêmeas (sexo de maior tamanho corporal) foram menos propensas a migrar devido às suas capacidades metabólicas de fazer jejum por longos períodos se comparadas aos machos (Boyle 2008b). Os machos provavelmente experimentaram maior risco associado à residência em elevadas altitudes devido a sua pequena capacidade de jejum e ao seu pequeno tamanho corporal (Boyle 2008b).

A hipótese da limitada oportunidade de forrageamento foi testada em um estudo no qual a variação na chuva foi associada ao nível de corticosterona no sangue, ao armazenamento de gordura, aos metabólitos no plasma (β hidroxibutirato sintetizado a partir de ácidos gordurosos e que substitui a maior parte da glicose no abastecimento metabólico), à

estimativa total de água corporal e ao hematócrito de *C. altera* (Pipridae) na Costa Rica (Boyle et al. 2010b). Os dados coletados simultaneamente em locais de baixa e elevada altitude mostraram que os residentes de áreas mais elevadas foram mais afetados por tempestades que os machos que migraram altitudinalmente. Os residentes de elevadas altitudes apresentaram maiores níveis de corticosterona no sangue (refletindo resposta ao estresse da imprevisibilidade ou mal tempo), aumentaram o armazenamento de gordura (aumentando as reservas devido à incerteza de forrageamento ou quando o acesso ao alimento foi restrito), diminuíram os metabólitos no plasma (β hidroxibutirato) e tiveram seus hematócritos diminuídos, como previsto pela hipótese (Boyle 2008b). Tendências residuais do nível de triglicérides e de água corporal, no entanto, não foram estatisticamente significativas (Boyle et al. 2010b). Boyle et al. (2010b) também associaram a hipótese da limitada oportunidade de forrageamento à capacidade de jejum das aves. Os autores registraram que 15% dos machos eram menores que as fêmeas, assim, os machos puderam experimentar maior risco de mortalidade se comparado às fêmeas (Boyle et al. 2010b), como predito pela hipótese.

A análise de uma comunidade de aves nas florestas de baixa altitude na Costa Rica, também, corrobora a hipótese da limitada oportunidade de forrageamento (Boyle 2011). Nessa comunidade, as contagens de aves que migraram altitudinalmente em áreas de baixa altitude foram, em média, positivamente associadas com a quantidade de chuva nas áreas mais elevadas, sendo observadas diferenças superiores a 72% no número de aves contadas. As aves que migraram altitudinalmente exibiram uma variação em resposta à quantidade de chuva em diferentes escalas temporais, sugerindo que provavelmente as espécies diferem no limiar da intensidade de chuva que limita suas atividades de forrageamento e sua habilidade de sobreviver às tempestades. Também, foi observada forte relação positiva entre o aumento da quantidade de chuva nas áreas elevadas e a abundância de aves de pequeno tamanho corporal nas áreas de baixada. A dieta das aves também esteve relacionada à quantidade de chuva nas áreas elevadas, sendo observado que as aves frugívoras e nectarívoras foram mais abundantes na área de baixa altitude quando a quantidade de chuva foi maior nas áreas mais elevadas (Boyle 2011). Os resultados desse estudo sugerem que as chuvas durante a estação úmida e a intensidade das tempestades pode ter um efeito dramático no comportamento e na dinâmica da comunidade de aves de florestas úmidas (Boyle 2011), de modo que a hipótese pode explicar as variações nas tendências migratórias de aves tropicais intra e interespecíficas (Boyle 2008b).

Os estudos sobre as migrações altitudinais têm enfatizado fatores como

disponibilidade de recurso, reprodução ou clima. Mas, os estudos não têm relacionado esses movimentos com os requisitos para realização da muda (Fraser et al. 2010). A migração para áreas elevadas, com maior disponibilidade de alimento, também pode ocorrer para realização da mudança da plumagem. Isso foi registrado em três espécies: o beija-flor *Amazilia cyanura* (Trochilidae) na Nicarágua (Fraser et al. 2010), em adultos da tangara *Piranga ludoviciana* (Thraupidae) na região sudoeste da América do Norte (Butler et al. 2002) e em uma pequena ave canora, *Vireo cassinii* (Vireonidae), em Washington, EUA (Rohwer et al. 2008). A exploração da disponibilidade sazonal de artrópodes nas áreas elevadas da Nicarágua (Fraser et al. 2010) e o aumento substancial na produtividade primária provocado pelas chuvas no final do verão nas áreas elevadas do sudeste da América do Norte (Butler et al. 2002) parecem produzir os fatores que dirigem as migrações associadas à muda dessas espécies. Pouco se conhece sobre a migração altitudinal do *V. cassinii* para a mudança da plumagem. Esse tipo de migração pode ser comum na região neotropical, entretanto, os estudos não têm focado na ligação entre os requisitos para realização da muda e a fenologia dos recursos alimentares utilizados pelas aves (Fraser et al. 2010).

1.6 Conservação e ameaças à migração altitudinal das aves

O entendimento das migrações altitudinais de aves é fundamental para os esforços de conservação dos gradientes altitudinais (Loiselle and Blake 1991; Winker et al. 1997; Blake and Loiselle 2000). Principalmente porque as aves que migram altitudinalmente fazem uso de múltiplos habitats em uma vasta área geográfica (Powell and Bjork 1995; Winker et al. 1997; Fraser et al. 2010). Assim, a preservação de muitas espécies e a integridade de todo o sistema pode ser um desafio por requerer a conservação de toda a matriz de habitats regionais e a manutenção da conectividade entre essas áreas (Loiselle and Blake 1991; Powell and Bjork 2004) para a acomodação das mudanças sazonais no uso do habitat pelas diferentes espécies (Blake and Loiselle 2002).

Como as ações de conservação são, frequentemente, focadas em regiões ou áreas que abrigam espécies ameaçadas, raras ou endêmicas, o padrão de distribuição dessas espécies pode ser um importante argumento para proteção de diferentes áreas (Blake and Loiselle 2000), ao longo de toda a extensão do gradiente altitudinal. Assim, tanto espécies que realizam migrações altitudinais como as espécies residentes nas baixas ou elevadas altitudes

estariam protegidas. Essa extensiva proteção é importante em locais como a região neotropical. Nessa região, as espécies migrantes altitudinais encontram-se em elevado risco de extinção (Stotz et al. 1996; Fogden and Fogden 1997; Alves 2007) principalmente devido ao desmatamento mais severo nas áreas de baixada (Stotz et al. 1996; Fogden and Fogden 1997; Powell and Bjork 2004; Alves 2007; Pimm 2007; Papes et al. 2012). Embora as altitudes mais elevadas ainda possuam extensivas áreas de floresta (Pimm 2007), a perda de habitat nas altitudes mais baixas pode levar ao declínio das fontes de alimento durante a estação não reprodutiva, o que pode causar a diminuição de populações e aumentar o risco de extinção das espécies (Chaves-Campos et al. 2003).

Para assegurar a conservação das espécies que realizam migrações altitudinais é necessário conhecer suas exigências de habitat (Chaves-Campos et al. 2003) e sua dieta (Solórzano et al. 2000). Por exemplo, as alterações ambientais podem afetar os padrões de movimentação das aves frugívoras, o que pode afetar a dispersão de sementes, que por sua vez, influencia a composição de uma floresta (Blake and Loiselle 2000, 2002; Loiselle and Blake 2001). Assim, é necessário conservar o habitat e os recursos alimentares das espécies vulneráveis ao longo do gradiente altitudinal (Strewe and Navarro 2003). São urgentes estudos que abordem a ecologia dos movimentos das aves tropicais e a importância da disponibilidade de alimento como condutor do comportamento de migração altitudinal para esclarecermos a evolução da migração das aves (Sekercioglu 2010).

Nos trópicos, as aves migratórias são particularmente afetadas pela fragmentação (Maurer and Heywood 1993; Chaves-Campos et al. 2003). O isolamento de populações devido à fragmentação de habitat pode ter severas implicações para a sobrevivência das populações que realizam migração altitudinal (Loiselle and Blake 1992). Algumas espécies, por exemplo, não atravessam áreas abertas durante o ciclo de migração (Stiles 1985; Loiselle and Blake 1991, 1992; Blake and Loiselle 2000; Chaves-Campos et al. 2003). Essas áreas abertas podem agir como barreiras à movimentação de muitas espécies, particularmente aquelas de sub-bosque de florestas (Loiselle and Blake 1992; Stiles and Loiselle 1992). Aves de dossel (como a araponga *Procnias tricarunculata*, Cotingidae) podem atravessar facilmente áreas abertas e serem menos afetadas pela fragmentação, entretanto, elas podem ser negativamente afetadas se recursos florestais dos quais dependem forem perdidos (Loiselle and Blake 1992). Isso pode ocorrer, pois os fragmentos pequenos e isolados podem não suportar recursos ou micro-habitats adequados durante períodos de escassez de alimento ou estresse ambiental (Loiselle and Blake 1992).

A rápida e não planejada expansão das áreas urbanas também gera problemas para a

avifauna, pois tem eliminado ou alterado drasticamente grandes áreas de habitats naturais (Biamonte et al. 2011). Em 2006, Biamonte et al. (2011) realizaram uma comparação da comunidade de aves com outros estudos realizados anteriormente (em 1973 e 1990), em uma área na Costa Rica. A área urbana aumentou 72% em 33 anos, sendo que 996 ha de área de crescimento secundário, plantação de café e áreas abertas foi convertido em área urbana. A riqueza e abundância de espécies residentes e de aves que migram foram reduzidas drasticamente, sendo que 66 espécies desapareceram da área. As aves que migram altitudinalmente foram desproporcionalmente representadas entre as aves que desapareceram (Biamonte et al. 2011).

Outro fator preocupante são as mudanças climáticas globais, que podem alterar a distribuição, a abundância (Faaborg et al. 2010) e as migrações altitudinais das aves (Inouye et al. 2000; Green 2010; Boyle 2011). Particularmente, o aquecimento global pode gerar mudanças na temperatura, no regime de chuvas, no derretimento do gelo, no aumento do nível do mar, no aumento de tempestades tropicais e na intensificação de eventos como *El Niño* e *La Niña* (Faaborg et al. 2010). Essas mudanças têm forte relação com a dinâmica dos habitats (Moore 2011) e o tipo de vegetação (Faaborg et al. 2010), o que forçará as espécies de aves a: permanecer no local onde evoluíram e adaptar-se às mudanças do habitat em função da alteração climática; dispersar para os locais com vegetação e condições climáticas mais favoráveis; ou entrar em extinção (Peterson et al. 2001; Vale et al. 2009; Faaborg et al. 2010).

Estudos mostram que uma das formas de compensar o aquecimento global poderá ser a dispersão de espécies para altitudes mais elevadas e a consequente redução de suas áreas de ocorrência (Williams et al. 2003; Shoo et al. 2005; Parmesan 2006; Pimm et al. 2006; Pimm 2007; Sekercioglu et al. 2008; Vale et al. 2009; Souza et al. 2011). No entanto, as espécies que habitam as altitudes mais elevadas enfrentarão elevado risco de extinção, pois não terão altitudes mais elevadas para se dispersarem (Williams et al. 2003; Parmesan 2006; Pimm et al. 2006; Sekercioglu et al. 2008) ou não terão acesso a outras regiões montanhosas com altitudes mais elevadas (Pimm 2007; Sekercioglu et al. 2012). Essas alterações na distribuição irão afetar todas as espécies, incluindo as espécies que realizam deslocamentos altitudinais, as quais sentirão o efeito das mudanças climáticas de um modo diferente se comparadas às espécies sedentárias (Moore 2011). Por exemplo, as alterações na distribuição das espécies devido às mudanças climáticas podem permitir aos predadores expandirem suas áreas de vida para as elevadas altitudes (Moore 2011) e aves que realizam deslocamentos para locais mais elevados para evitar a predação de ninhos (Boyle 2008a) podem ser prejudicadas (Moore 2011).

As mudanças no habitat e na vegetação podem ainda alterar a distância dos movimentos anuais e o tempo de partida das espécies migrantes altitudinais, que dessa forma podem compensar os efeitos das mudanças climáticas (Bridge et al. 2010). As alterações na dinâmica dos habitats (Moore 2011) e o aumento da frequência, da duração e da intensidade das tempestades tropicais (Boyle 2008b) causadas pelas mudanças climáticas também podem alterar a sazonalidade das plantas (Boyle 2008b; Faaborg et al. 2010; Moore 2011), modificando a produção de alimentos (Boyle 2008b) e a disponibilidade de recursos (Moore 2011). Isso pode gerar incompatibilidades fenológicas, não havendo fornecimento de recursos (alimento e água) durante períodos de tempos críticos ou as aves que migram podem perder os períodos de pico de alimento (Faaborg et al. 2010). Assim, as mudanças climáticas poderão gerar um aumento ou perda da migração altitudinal facultativa (Boyle 2011).

Poucos estudos, porém, têm tentado reunir informações sobre como as mudanças climáticas afetarão as migrações das aves (Moore 2011). Na nossa busca, encontramos dois estudos que avaliaram tais efeitos (Inouye et al. 2000; Green 2010). Na Austrália, o efeito da mudança climática sobre as plantas e os animais (incluindo duas aves que migram altitudinalmente) foi estudado por meio de um monitoramento com duração de 30 anos (Green 2010). Houve mudança na época de degelo, ocorrendo uma visível alteração na disponibilidade de recursos na área. *Anthus novaeseelandiae* (Motacillidae), pequeno pássaro que habita áreas abertas, respondeu diretamente ao degelo, chegando mais cedo à área de reprodução. Já o pequeno pássaro (*Robin*) *Petroica phoenicea* (Petroicidae), não alterou a época de chegada à área de reprodução em função do degelo. No entanto, a espécie respondeu à disponibilidade do recurso alimentar (larvas do inseto *Agrotis infusa*). O inseto não respondeu rapidamente ao degelo, chegando à área significativamente depois. Embora o inseto não tenha respondido ao degelo, uma espécie de ave insetívora respondeu. Isso exemplifica como mudanças climáticas poderão gerar descompassos fenológicos e prejudicar relações interespecíficas entre os diferentes níveis tróficos (Green 2010).

Nas Montanhas Rochosas dos EUA, um monitoramento de 26 anos indicou um descompasso na fenologia de baixa e de elevada altitude, criando problemas para o sabiá *Turdus migratorius* (Turdidae), que, ao migrar altitudinalmente, chegou, em média, 14 dias antes do que costumavam chegar em 1981 (Inouye et al. 2000). O intervalo entre a data de chegada dessa espécie e a primeira data de terra nua (após derretimento da neve) aumentou para 18 dias. Essa e outras espécies de aves que migram altitudinalmente podem sofrer as consequências dessas mudanças na fenologia, pois poderão chegar às elevadas altitudes no momento em que o alimento ainda não estará disponível (Inouye et al. 2000).

Por outro lado, as aves que realizam migração têm um menor risco de extinção frente às mudanças climáticas do que as espécies sedentárias, pois mobilidade dessas aves as torna menos susceptíveis às limitações induzidas pelo clima (Sekercioglu 2010). Entretanto, muitas aves tropicais poderão não ser capazes de dispersar suficientemente rápido ou distante para acompanhar as condições climáticas adequadas (Loarie et al. 2009; Vale et al. 2009).

1.7 Considerações finais e desafios para o estudo das migrações altitudinais

Nossa análise levou em consideração 84 estudos sobre a migração altitudinal das aves, sendo a maioria desses realizada na região Neotropical. Os grupos tróficos envolvidos nas migrações altitudinais foram os insetívoros, nectarívoros, frugívoros/insetívoros e frugívoros, sendo as famílias Trochilidae e Thraupidae as mais representativas. Um complexo conjunto de fatores bióticos e abióticos pode interagir para explicar a migração altitudinal de aves. Provavelmente, as migrações para altitudes mais elevadas ocorrem devido à maior disponibilidade sazonal de recursos e ao menor risco de predação de ninhos nessas áreas. Por outro lado, as migrações para as baixas elevações podem estar relacionados a vários fatores, como limitadas oportunidades de forrageamento e competição. Porém, ainda é pouco conhecido como e quanto esses fatores estão relacionados aos deslocamentos altitudinais.

Para ampliarmos nossa compreensão sobre a migração altitudinal das aves, podemos adotar e adaptar os procedimentos recomendados por Alves (2007) para melhorar o conhecimento sobre os sistemas de migrações das aves no Brasil. Tais procedimentos consistem em uma sistematização da busca por mais informações em várias regiões montanhosas do planeta, gerando uma rede de informações entre os pesquisadores atuantes em diferentes escalas: intercontinental, regional e local. Além disso, devemos aliar o uso de técnicas de captura-marcação-recaptura de aves (que fornecem importantes informações sobre a morfometria e os padrões de muda de pena das espécies) às novas técnicas (como o uso de isótopos estáveis ou rádio telemetria) para a detecção das migrações das populações. Devemos levar em conta as variações espaciais e temporais das comunidades (Loiselle and Blake 1991; Alves 2007), assim como as condições demográficas das aves que migram durante todos os estágios do ciclo anual das espécies (Boyle 2010). Assim, compreenderemos as tendências das populações (Boyle 2010). É importante realizarmos estudos de longa duração, nos quais flutuações anuais e supra-anuais poderão ser evidenciadas (Alves 2007;

Sekercioglu 2010). Tais estudos são essenciais para revelar os mecanismos ecológicos e evolutivos da migração das aves (Levey and Stiles 1992; Sekercioglu 2010).

O estudo dos fatores bióticos e abióticos aos quais as espécies estão expostas nos permitirá melhor compreensão das causas que levam às migrações altitudinais das aves. Devemos avaliar as influências das condições ambientais nas diferentes altitudes (Loiselle and Blake 1991), como por exemplo, relacionar a disponibilidade de recursos (quantificação dos recursos) aos grupos tróficos das aves nas distintas altitudes. Assim, relacionaremos os fatores ambientais às características nutricionais e fisiológicas dos animais (Boyle 2010), de modo a estudarmos as migrações altitudinais como fenômeno comportamental, ecológico e evolutivo (Dingle and Drake 2007). Dessa forma, entenderemos melhor os fatores que moldam a diversidade de padrões de migrações das aves (Boyle 2010) e poderemos reconhecer os diferentes tipos e graus de migração (Dingle and Drake 2007) e orientar esforços de conservação.

REFERÊNCIAS

- Alcock J. 2005. Animal behavior: an evolutionary approach. 5th ed. Sunderland (UK): Sinauer Associates. 625 p.
- Alves MAS. 2007. Bird migration systems in Brazilian terrestrial habitats: examples, gaps of knowledge, and directions for future studies. *Revista Brasileira de Ornitologia*. 15(2):231-238.
- Areta JI, Bodrati A. 2008. Movimientos estacionales y afinidad filogenética de la Viudita Coluda (*Muscipipra vetula*). *Ornitologia Neotropical*. 19:201–211.
- Areta JI, Bodrati A. 2010. A longitudinal migratory system within the Atlantic Forest: seasonal movements and taxonomy of the Golden-rumped Euphonia (*Euphonia cyanocephala*) in Misiones (Argentina) and Paraguay. *Ornitologia Neotropical*. 21(1):71-86.
- Bairlein F, Hüppop O. 2004. Migratory fuelling and global climate change. In: Moller AP, Fiedler W, Berthold P, editors. Amsterdam: Elsevier. 35:33-47.
- Balph MH. 1975. Wing length, hood coloration, and sex ratio in Dark-eyed Juncos wintering in northern Utah. *Bird-Banding*. 46:126-130.
- Begon M, Townsend CR, Harper JL. 2007. Ecologia: de Indivíduos a ecossistemas. 4th ed. Porto Alegre (RS): Artmed. 740 p.
- Bencke GA, Kindel A. 1999. Bird counts along an altitudinal gradient of Atlantic Forest in northeastern Rio Grande do Sul, Brazil. *Ararajuba*. 7(2):91-107.

- Berruti A, Harrison JA, Navarro RA. 1994. Seasonal migration of terrestrial birds along the southern and eastern coasts of Southern Africa. *Ostrich*. 65(2):54-65.
- Berthold P. 2001. Bird migration: a general survey. 2nd ed. Oxford (UK): Oxford University Press. 272 p.
- Betts MG, Rodenhouse NL, Sillett TS, Doran PJ, Holmes RT. 2008. Dynamic occupancy models reveal within-breeding season movement up a habitat quality gradient by a migratory songbird. *Ecography*. 31:592-600.
- Biamonte E, Sandoval L, Chacón E, Barrantes G. 2011. Effect of urbanization on the avifauna in a tropical metropolitan area. *Landscape Ecology*. 26(2):183-194.
- Bildstein KL. 2004. Raptor migration in the neotropics: patterns, processes, and consequences. *Ornitologia Neotropical*. 15(Suppl.):83-99.
- Blake JG, Loiselle BA. 2000. Diversity of birds along an elevational gradient in the Cordillera Central, Costa Rica. *Auk*. 117(3):663-686.
- Blake JG, Loiselle BA. 2001. Variation in resource abundance affects capture rates of birds in three lowland habitats in Costa Rica. *Auk*. 108:114-130.
- Blake JG, Loiselle BA. 2002. Manakins (Pipridae) in second-growth and old-growth forests: patterns of habitat use, movement, and survival. *Auk*. 119(1):132-148.
- Blake JG, Loiselle BA, Moermond TC, Levey DJ, Denslow JS. 1990. Quantifying abundance of fruits for birds in tropical habitats. *Studies in Avian Biology*. 13:73-79.
- Borras A, Cabrera J, Senar JC. 2010a. Hematocrit variation in response to altitude changes in wild birds: a repeated-measures design. *The Condor*. 112(3):622-626.
- Borras A, Senar JC, Alba-Sánchez F, López-Sáez JA, Cabrera, J., Colomé X, Cabrera T. 2010b. Citril finches during the winter: patterns of distribution, the role of pines and implications for the conservation of the species. *Animal Biodiversity and Conservation*. 33(1):89-115.
- Boyle WA. 2008a. Can variation in risk of nest predation explain altitudinal migration in tropical birds? *Oecologia*. 155(2):397-403.
- Boyle WA. 2008b. Partial migration in birds: tests of three hypotheses in a tropical lekking frugivore. *Journal of Animal Ecology*. 77(6):1122-1128.
- Boyle WA. 2010. Does food abundance explain altitudinal migration in a tropical frugivorous bird? *Canadian Journal of Zoology*. 88(2):204-213.
- Boyle WA. 2011. Short-distance partial migration of neotropical birds: a community-level test of the foraging limitation hypothesis. *Oikos*. 120(12):1803-1816.
- Boyle WA, Conway CJ, Bronstein JL. 2010a. Why do some, but not all, tropical birds migrate? A comparative study of diet breadth and fruit preference. *Evolutionary Ecology*. 25(1):219-236.
- Boyle WA, Norris DR, Guglielmo CG. 2010b. Storms drive altitudinal migration in a tropical bird. *Proceedings of Royal Society of London B Biological Sciences*. 277(1693):2511-2519.
- Boyle WA, Guglielmo CG, Hobson KA, Norris DR. 2011. Lekking birds in a tropical forest forego sex for migration. *Biology Letters*. 7(5):661-663.

- Bridge ES, Kelly JF, Bjornen PE, Curry CM, Crawford PHC, Paritte JM. 2010. Effects of nutritional condition on spring migration: do migrants use resource availability to keep pace with a changing world? *Journal of Experimental Biology*. 213(14):2424-2429.
- Brown M. 2006. Annual and seasonal trends in avifaunal species richness in a coastal lowlands forest reserve in South Africa. *Ostrich*. 77(1-2):58-66.
- Burgess ND, Mlingwa COF. 2000. Evidence for altitudinal migration of forest birds between montane Eastern Arc and lowland forests in East Africa. *Ostrich*. 71(1/2):184-190.
- Butler LK, Donahue MG, Rohwer S. 2002. Molt-migration in western tanagers (*Piranga ludoviciana*): age effects, aerodynamics, and conservation implications. *Auk*. 119(4):1010-1023.
- Cade BS, Hoffman RW. 1993. Differential migration of blue grouse in Colorado. *Auk*. 110(1):70-77.
- Chang YM, Hatch KA, Wei HL, Yuan HW, You CF, Eggett D, Tu YH, Lin YL, Shiu HJ. 2010. Stable nitrogen and carbon isotopes may not be good indicators of altitudinal distributions of montane passerines. *The Wilson Journal of Ornithology*. 123(1):33-47.
- Chaves-Campos J. 2004. Elevational movements of large frugivorous birds and temporal variation in abundance of fruits along an elevational gradient. *Ornitologia Neotropical*. 15(4):433-445.
- Chaves-Campos J, Arevalo JE, Araya MM. 2003. Altitudinal movements and conservation of bare-necked Umbrellabird *Cephalopterus glabricollis* of the Tilaran Mountains, Costa Rica. *Bird Conservation International*. 13(1):45-58.
- Chettri N, Deb DC, Sharma E, Jackson R. 2005. The relationship between bird communities and habitat: a study along a trekking corridor in the Sikkim Himalaya. *Mountain Research and Development*. 25(3):235-243.
- Del Hoyo J, Elliot A, Sargatal J, editors. 1992. *Handbook of the birds of the world: Ostrich to Ducks*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 696 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Sargatal J, editors. 1994. *Handbook of the birds of the world: New World Vultures to Guinea fowl*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 638 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Sargatal J, editors. 1996. *Handbook of the birds of the world: Hoatzin to Auks*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 821 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Sargatal J, editors. 1997. *Handbook of the birds of the world: Sandgrouse to Cuckoos*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 679 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Sargatal J, editors. 1999. *Handbook of the birds of the world: Barn-owls to Hummingbirds*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 759 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Sargatal J, editors. 2001. *Handbook of the birds of the world: Mousebirds to Hornbills*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 589 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Sargatal J, editors. 2002. *Handbook of the birds of the world: Jacamars to Woodpeckers*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 613 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA, editors. 2003. *Handbook of the birds of the world: Broadbills to Tapaculos*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 845 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA, editors. 2004. *Handbook of the birds of the world: Cotingas to Pipits and Wagtails*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 863 p.

- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA, editors. 2005. Handbook of the birds of the world: Cuckoo-strikes to Thrushes. Barcelona (B): Lynx Edicions. 895 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA, editors. 2006. Handbook of the birds of the world: Old World Flycatchers to Old World Warblers. Barcelona (B): Lynx Edicions. 798 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA. 2007, editors. Handbook of the birds of the world: Picathartes to Tits and Chickadees. Barcelona (B): Lynx Edicions. 815 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA, editors. 2008. Handbook of the birds of the world: Penduline-tits to Shrikes. Barcelona (B): Lynx Edicions. 879 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA. 2009, editors. Handbook of the birds of the world: Bush-shrikes to Old World Sparrows. Barcelona (B): Lynx Edicions. 893 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA, editors. 2010. Handbook of the birds of the world: Weavers to New World Warblers. Barcelona (B): Lynx Edicions. 879 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA. 2011. Handbook of the birds of the world: Tanagers to New World Blackbirds. Barcelona (B): Lynx Edicions. 894 p.
- Dingle H, Drake VA. 2007 What is migration? *BioScience*. 57(2):113-121.
- Faaborg J, Holmes RT, Anders AD, Bildstein K, Dugger KM, Gauthreaux JR. SA, Heglund P, Hobson KA, Jahn AE, Johnson DH, Latta SC, Levey DJ, Marra PM, Merkord CL, Nol E, Rothstein SI, Sherry TW, Sillett TS, Thompson III FR, Warnock NW. 2010. Recent advances in understanding migration systems of New World land birds. *Ecological Monographs*. 80(1):3-48.
- Fogden MPL, Fogden PM. 1997. Definitions for migrant birds: what is a neotropical migrant? *Auk* 112(2):521-523.
- Fraser, KC, Diamond AW, Chavarría L. 2010. Evidence of altitudinal moult-migration in a Central American hummingbird, *Amazilia cyanura*. *Journal of Tropical Ecology*. 26:645-648.
- Fraser KC, Kyser TK, Ratcliffe LM. 2008. Detecting altitudinal migration events in neotropical birds using stable isotopes. *Biotropica* 40(3):269-272.
- Fretwell SD. 1969. Dominance behavior and winter habitat distribution in juncos (*Junco hyemalis*). *Bird Banding* 40: 1-25.
- Fretwell SD. 1980. Evolution of migration in relation to factors regulating bird numbers. In: Keast A, Morton ES, editors. *Migrant birds in the Neotropics*. Washington (DC): Smithsonian Institution Press. p 517-527.
- Gillis EA, Green DJ, Middleton HA, Morrissey C. 2008. Life history correlates of alternative migratory strategies in American Dippers. *Ecology* 89(6):1687-1695.
- Graves GR, Romanek CS. 2009. Mesoscale patterns of altitudinal tenancy in migratory wood warblers inferred from stable carbon isotopes. *Ecological Application* 19(5):1264-1273.
- Graves GR, Romanek CS, Navarro AR. 2002. Stable isotope signature of philopatry and dispersal in a migratory songbird. *Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America*. 99(12): 8096-8100.
- Green K. 2010. Alpine taxa exhibit differing responses to climate warming in the Snowy Mountains of Australia. *Journal of Mountain Science*. 7(2):167-175.
- Gutierrez A, Rojas-Nossa SV, Stiles FG. 2004. Annual dynamics of hummingbird-flower interactions in high Andean ecosystems. *Ornitologia Neotropical*. 15(Suppl.): 205-213.

- Hardesty JL, Fraser KC. 2010. Using deuterium to examine altitudinal migration by Andean birds. *Journal of Field Ornithology*. 81(1):83-91.
- Hart PJ, Woodworth BL, Camp RJ, Turner K, McClure K, Goodall K, Henneman C, Spiegel C, Lebrun J, Tweed E, Samuel M. 2010. Temporal variation in bird and resource abundance across an elevational gradient in Hawaii. *Auk*. 128(1):113-126.
- Hayes FE. 1995. Definitions for migrant birds: what is a neotropical migrant? *Auk*. 112(2):521-523.
- Hilty SL. 1997. Seasonal distribution of birds at a cloud-forest locality, the Anchicayá Valley, in Western Colombia. *Ornithological Monographs*. 48: 321-343.
- Hines JE. 1986. Social organization, movements, and home ranges of Blue grouse in fall and winter. *Wilson Bulletin*. 98(3):419-432.
- Hobson KA. 1999. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. *Oecologia*. 120:314-326.
- Hobson KA, Wassenaar LI, Len I, Milá B, Lovette I, Dingle C, Smith TB. 2003. Stable isotopes as indicators of altitudinal distributions and movements in an Ecuadorean hummingbird community. *Oecologia*. 136(2):302-308.
- Hollenbeck JP, Ripple WJ. 2007. Aspen patch and migratory bird relationships in the northern Yellowstone ecosystem. *Landscape Ecology*. 22(9):1411-1425.
- Inouye DW, Barr B, Armitage KB, Inouye BD. 2000. Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species. *Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America*. 97(4):1630-1633.
- Inzunza ER, Rodriguez SHA. 2010. The urban avifauna of the Macuiltepetl Ecological Park in Xalapa, Veracruz, Mexico. *Ornitologia Neotropical*. 21(1):87-103.
- Jahn AE, Levey DJ, Hostetler JA, Mamani AM. 2010. Determinants of partial bird migration in the Amazon Basin. *Journal of Animal Ecology*. 79:983-992.
- Johnson DN, MacClean GL. 1994. Altitudinal migration in Natal. Ostrich. 65(2):86-94.
- Ketterson ED, Nolan JR. V. 1976. Geographic variation and its climatic correlates in the sex ratio of eastern-wintering Dark-eyed Juncos (*Junco hyemalis*). *Ecology*. 57: 679-693.
- Kimura K, Yumoto T, Kikuzawa K. 2001. Fruiting phenology of fleshy-fruited plants and seasonal dynamics of frugivorous birds in four vegetation zones on Mt. Kinabalu, Borneo. *Journal of Tropical Ecology*. 17:833-858.
- Klemp S. 2003. Altitudinal dispersal within the breeding season in the Grey Wagtail *Motacilla cinerea*. *Ibis*. 145(3):509-511.
- Landys MM, Ramenofsky M, Wingfield JC. 2006. Actions of glucocorticoids at a seasonal baseline as compared to stress-related levels in the regulation of periodic life processes. *General and Comparative Endocrinology*. 148:132-149.
- Laymon S. 1989. Altitudinal migration movements of spotted owls in the Sierra-Nevada, California. *The Condor*. 91(4):837-841.
- Levey DJ. 1988. Spatial and temporal variation in Costa Rican fruit and fruit-eating bird abundance. *Ecological Monographs*. 58(4):251-269.

- Levey DJ, Stiles FG. 1992. Evolutionary precursors of long-distance migration: resource availability and movement patterns in neotropical landbirds. *The American Naturalist*. 140(3):447-476.
- Loarie SR, Philip B, Duffy PB, Hamilton H, Asner GP, Field CB, Ackerly DD. 2009. The velocity of climate change. *Nature*. 462: 1052-1055.
- Loiselle BA. 1988. Bird abundance and seasonality in a Costa Rican lowland forest canopy. *The Condor*. 90:761-772.
- Loiselle BA, Blake JG. 1991. Temporal variation in birds and fruits along an elevational gradient in Costa-Rica. *Ecology*. 72(1):180-193.
- Loiselle BA, Blake JG. 1992. Population Variation in a Tropical bird community. *BioScience*. 42(11):838-845.
- Mackas RH, Green DJ, Whitehorne IJB, Fairhurst EN, Middleton HA, Morrissey CA. 2010. Altitudinal migration in American Dippers (*Cinclus mexicanus*): do migrants produce higher quality offspring? *Canadian Journal of Zoology*. 88(4):369-377.
- Maurer, BA, Heywood SG. 1993. Geographic range fragmentation and abundance in neotropical migratory birds. *Conservation Biology*, 7(3):501-509.
- McCain CM. 2009. Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*. 18:346-360.
- McEwen BS, Wingfield JC. 2003. The concept of allostasis in biology and biomedicine. *Hormones and Behavior*. 43:2-15.
- Millikan GC, Gaddis P, Pulliam HR. 1985. Interspecific dominance and the foraging behaviour of juncos. *Animal Behaviour*. 33:428-435.
- Moore TT. 2011. Climate change and animal migration. *Environmental Law*. 41:393-405.
- Morrissey CA. 2004. Effect of altitudinal migration within a watershed on the reproductive success of American dippers. *Canadian Journal of Zoology*. 82(5):800-807.
- Morrissey CA, Bendell-Young LI, Elliott JE. 2004. Seasonal trends in population density, distribution, and movement of American Dippers within a watershed of southwestern British Columbia, Canada. *The Condor*. 106(4):815-825.
- Newton I. 2012. Obligate and facultative migration in birds: ecological aspects. *Journal of Ornithology*. 153 (Suppl 1):171-180.
- Papes M, Peterson AT, Powell GVN. 2012. Vegetation dynamics and avian seasonal migration: clues from remotely sensed vegetation indices and ecological niche modelling. *Journal of Biogeography*. 39(4):652-664.
- Parmesan C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*. 37:637-669.
- Peterson AT, Sánchez-Cordero V, Soberón J, Bartley J, Buddemeier RW, Navarro-Sigüenza AG. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling*. 144:21-30.
- Perez GE, Schondube JE, Del Rio CM. 2008. Stable isotopes in ornithology: a brief introduction. *Ornitologia Neotropical*. 19:95-112.
- Pimm S. 2007. Biodiversity: climate change or hHabitat loss - Which will kill more species? *Current Biology*. 18(3):R117-119.

- Pimm S, Raven P, Peterson A, Sekercioglu CH, Ehrlich PR. 2006. Human impacts on the rates of recent, present, and future bird extinctions. *Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America*. 103(29):10941–10946.
- Powell GVN, Bjork R. 1995. Implications of intratropical migration on reserve design: a case-study using *Pharomachrus mocinno*. *Conservation Biology*. 9(2):354-362.
- Powell GVN, Bjork RD. 2004. Habitat linkages and the conservation of tropical biodiversity as indicated by seasonal migrations of Three-wattled Bellbirds. *Conservation Biology*. 18(2):500-509.
- Rabenold KN, Rabenold PP. 1985. Variation in altitudinal migration, winter segregation, and site tenacity in two subspecies of Dark-Eyed Juncos in the Southern Appalachians. *Auk*. 102(4):805-819.
- Ramos JA. 1996. Introduction of exotic tree species as a threat to the Azores bullfinch population. *Journal of Applied Ecology*. 33(4):710-722.
- Rohwer VG, Rohwer S, Barry JH. 2008. Molt scheduling of western neotropical migrants and up-slope movement of Cassin's Vireo. *The Condor*. 110(2):365-370.
- Rosselli L. 1994. The annual cycle of the White-ruffed Manakin *Corapipo leucorrhoa*, a tropical frugivorous altitudinal migrant, and its food plants. *Bird Conservation International*. 4(2/3):143-160.
- Ruggiero A, Hawkins BA. 2008. Why do mountains support so many species of birds? *Ecography*. 31:306-315.
- Saniga M. 1995. Seasonal distribution, altitudinal and horizontal migration of the Wallcreeper (*Tichodroma muraria*) in the Mala Fatra Mountains, Slovak Carpathians. *Folia Zoologica*. 44(3):237-246.
- Schluter D. 2000. Ecological character displacement in adaptive radiation. *The American Naturalist*. 156(Suppl.):4–16.
- Sekercioglu CH. 2010. Partial migration in tropical birds: the frontier of movement ecology. *Journal of Animal Ecology*. 79(5):933-936.
- Sekercioglu CH, Schneider SH, Fay JP, Loarie SR. 2008. Climate change, elevational range shifts, and bird extinctions. *Conservation Biology*. 22(1):140–150.
- Sekercioglu CH, Primack RB, Wormworth J. 2012. The effects of climate change on tropical birds. *Biological Conservation*. 148:1-18.
- Senar JC, Borrás A. 2004. Surviving to winter: strategies of wintering birds in the Iberian Peninsula. *Ardeola*. 51(1):133-168.
- Shoo LP, Williams SE, Hero J-M. 2005. Climate warming and the rainforest birds of the Australian Wet Tropics: using abundance data as a sensitive predictor of change in total population size. *Biological Conservation*. 125:335–343.
- Sick H. 1997. *Ornitologia brasileira*. Rio de Janeiro (RJ): Editora Nova Fronteira. 862 p.
- Solórzano S, Castillo S, Valverde T, Avila L. 2000. Quetzal abundance in relation to fruit availability in a cloud forest in southeastern Mexico. *Biotropica*. 32(3):523-532.
- Souza TV, Lorine ML, Alves Mas, Cordeiro P, Vale MM. 2011. Redistribution of threatened and endemic Atlantic Forest birds under climate change. *Natureza e Conservação*. 9(2):214-218.

- Stiles FG. 1985. Conservation of forest birds in Costa Rica: problems and perspectives. In: Diamond AW, Lovejoy T, editors. Conservation of tropical forest birds. New Jersey (NJ): Princeton University Press. p.141-168.
- Strewe R, Navarro C. 2003. New distributional records and conservation importance of the San Salvador Valley, Sierra Nevada de Santa Marta, northern Colombia. *Ornitologia Colombiana*. 1:28-40.
- Stotz DF, Fitzpatrick JW, Parker III TA, Moskovits DK. 1996. Neotropical Birds: ecology and conservation. Chicago (IL): The University of Chicago Press. 480 p.
- Tavecchia G, Pradel R, Lebreton J-D, Biddau L, Mingozzi T. 2002. Sex-biased survival and breeding dispersal probability in a patchy population of the Rock Sparrow *Petronia petronia*. *Ibis* 144(2):E79-E87.
- Taylor J, Komar O. 2010. The Ruddy-capped Nightingale-thrush (*Catharus frantzii*) in El Salvador: notes on the life history and ecology of two isolated populations. *Ornitologia Neotropical*. 21(2):225-239.
- Terborgh J, Robinson SK, Parker III TA, Munn CA, Pierpont N. 1990. Structure and organization of an Amazonian forest bird community. *Ecological Monographs*. 60(2):213-238.
- Tsvelykh AN, Appak BA. 2008. Seasonal changes of populations and dynamics of the Chaffinch (*Fringilla coelebs*) number in the Mountain Crimea. *Zoologicheskyy Zhurnal*. 87(9):1100-1105.
- Vale MM, Alves MAS, Lorini ML. 2009. Mudanças climáticas: desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade brasileira. *Oecologia Brasiliensis*. 13(3):518-535.
- Vale MM, Jenkins CN. 2012. Across taxa incongruence in patterns of collecting bias. *Journal of Biogeography*. 39(9):1744-1748.
- Wang ZJ, Carpenter C, Young SS. 2000. Bird distribution and conservation in the Ailao Mountains, Yunnan, China. *Biology Conservation*. 92(1):45-57.
- Webster MS, Marra PP, Haig SM, Bensch S, Holmes RT. 2002. Links between worlds: unraveling migratory connectivity. *Trends in Ecology & Evolution*. 17(2):76-83.
- Wiedenmann RN, Rabenold KN. 1987. The effects of social dominance between two subspecies of dark-eyed juncos, *Junco hyemalis*. *Animal Behaviour*. 35:856-864.
- Williams SE, Bolitho EE, Fox S. 2003. Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. *Proceedings of Royal Society of London B Biological Sciences*. 270(1527):1887-1892.
- Winker K, Escalante P, Rappole JH, Ramos MA, Oehlenschläger RJ, Warner DW. 1997. Periodic migration and lowland forest refugia in a 'sedentary' neotropical bird, Wetmore's Bush-Tanager. *Conservation Biology*. 11(3):692-697.
- Wingfield JC. 2003. Avian migration: regulation of facultative-type movements. In: Berthold P, Gwinner E, Sonnenschein E, editors. Avian migration. Berlin (BE): Springer Verlag. p. 113–125.
- Wright DD. 2005. Diet, keystone resources and altitudinal movement of Dwarf cassowaries in relation to fruiting phenology in a Papua New Guinean rainforest. In: Dew JL, Boubli JP, editors. Tropical fruits and frugivores: the search for strong interactors. Dordrecht: Springer. p. 205-236.

Zoonomen. 2002. [Internet]. Washington: Zoonomen: Zoological Nomenclatural Data. [cited 2012 Oct 12]. Available from: <http://www.zoonomen.net>

2 DISTRIBUIÇÃO ALTITUDINAL DE BEIJA-FLORES DA MATA ATLÂNTICA

2.1 Introdução

O declínio da diversidade biológica terrestre ao longo de gradientes altitudinais foi considerado quase tão geral quanto o observado nos padrões latitudinais (MacArthur 1972; Brown and Lomolino 2006; Begon et al. 2007), principalmente devido aos resultados encontrados nos estudos pioneiros de Terborgh (1971, 1977). A princípio, a diminuição da riqueza com o aumento da altitude foi bem aceita devido às correspondências climáticas entre os gradientes latitudinais e altitudinais (Rahbek 1995), pois nestes, a temperatura diminui com o aumento da altitude e da latitude (MacArthur 1972; Almeida-Neto et al. 2006).

A diminuição da riqueza com o aumento da altitude é esperada pela Regra de Rapoport (Stevens 1992), que relaciona positivamente a latitude média e a amplitude de ocorrência das espécies (Rapoport 1982). Com base na hipótese de Rapoport para os gradientes latitudinais (Rapoport 1982), Stevens (1992) relacionou a diminuição da riqueza de espécies com as constantes mudanças de parâmetros ambientais relacionadas ao aumento da altitude, como o clima mais variável e a diminuição da produtividade primária nas altitudes mais elevadas (Almeida-Neto et al. 2006). Essa hipótese postula uma relação positiva entre a altitude média e a amplitude de distribuição altitudinal das espécies (Stevens 1992; Almeida-Neto et al. 2006). Ou seja, à medida que a altitude aumenta, as espécies que ocupam as faixas altitudinais mais elevadas tendem a apresentar maior distribuição altitudinal. Isso porque em maiores altitudes haveria maior variabilidade climática e, portanto, as espécies dessas altitudes teriam uma maior tolerância à variabilidade ambiental, possuindo menor limitação para expandir as suas áreas de distribuição para menores altitudes (Sanders 2002). Com isso, as espécies de altitudes mais elevadas poderiam ter uma maior faixa de ocorrência altitudinal (Brown and Kodric-Brown 1977). O mesmo não aconteceria com as espécies de altitudes menos elevadas, que estariam nos limites de sua ocorrência altitudinal (Stevens 1992; Sanders 2002). Assim, nas baixas altitudes haveria sobreposição de espécies de altitudes mais baixas e altas, aumentando a riqueza. Como resultado, a riqueza de espécies diminuiria monotonicamente com a elevação (Sanders 2002).

Outro mecanismo para explicar a Regra de Rapoport é o efeito resgate de Rapoport, no qual as maiores taxas de emigração de espécies ocorreriam das áreas de altitudes elevadas para as áreas menos elevadas, devido ao efeito resgate de suas populações em altitudes inferiores, que estariam fora de sua distribuição ótima (Brown and Kodric-Brown 1977). Como resultado, a riqueza de espécies diminuiria com a elevação. Adicionalmente, Almeida-Neto et al. (2006), descreveram mecanismos alternativos para o efeito resgate, nos quais as populações fonte podem se localizar nas altitudes mais elevadas e/ou nas menos elevadas. Ainda assim, os autores observaram diminuição da riqueza com o aumento da altitude (Almeida-Neto et al. 2006).

A diminuição da riqueza com o aumento da altitude também é esperada pela Teoria de Biogeografia de Ilhas (MacArthur and Wilson 1967). Como as montanhas têm forma aproximadamente cônica, quanto maior a altitude, menor a área e maior o isolamento geográfico de áreas similares às altitudes elevadas (MacArthur and Wilson 1967; MacArthur 1972; Almeida-Neto et al. 2006). Assim, as áreas mais elevadas, como os cumes de montanhas, podem ser entendidas como ilhas. Segundo MacArthur (1972), as áreas de altitude elevada teriam menor quantidade de espécies de aves e essas espécies estariam mais relacionadas à fauna de outras áreas montanhosas e/ou às áreas de clima temperado.

No entanto, segundo Rahbek (1995), muitos dos estudos realizados nos gradientes altitudinais que observaram uma diminuição da riqueza com o aumento da altitude (exemplo, Terborg 1977) possuíam problemas metodológicos. Esses problemas ocorriam porque o efeito do esforço amostral nas diferentes altitudes e/ou o efeito da área ao longo do gradiente não eram considerados (Rahbek 1995). Quando esses efeitos foram avaliados, a maior riqueza de espécies foi observada nos locais de altitude intermediária (Rahbek 1995; Grytnes and Vetaas 2002; McCain 2009a).

Uma das explicações para maior riqueza de espécies em altitudes intermediárias é o efeito do domínio médio (*mid-domain effect*) proposto por Colwell and Hurr (1994). Esse efeito, não biológico, baseia-se nas características geométricas dos domínios de distribuição das espécies, que são limitados por barreiras inferiores (nível do mar ou base de um vale) e superiores (cume das montanhas) (Rahbek 1995, 1997; Colwell and Lees 2000; Grytnes and Vetaas 2002). Assim, o efeito do domínio prevê maior sobreposição dos domínios de ocorrência das espécies em altitudes intermediárias (Colwell and Lees 2000; Diniz-Filho et al. 2002; Zapata et al. 2003; Colwell et al. 2004; Rangel and Diniz-Filho 2004; Herzog et al. 2005; VanDerWal et al. 2008). Além da sobreposição dos domínios de ocorrência, outros

fatores também podem causar maior riqueza de espécies nas altitudes intermediárias, como o efeito da área, a maior produtividade primária nessas altitudes, o efeito de ecótonos e a competição (Terborgh 1977; Navarro 1992; Stevens 1992; Rahbek 1997; Almeida-Neto et al. 2006).

Muitos autores (como Diniz-Filho et al. 2002; Hawkins and Diniz-Filho 2002; Zapata et al. 2003; McCain 2004, 2009; Cavarzere and Silveira 2012) têm avaliado a influência do efeito do domínio médio nos padrões espaciais de riqueza (Grytnes and Vetaas 2002; Herzog et al. 2005). Segundo Rahbek (1995) e McCain (2005), esse modelo nulo de distribuição de espécies é o mais comumente observado nas comunidades biológicas (por exemplo, Rahbek 1995; Jetz and Rahbek 2001), embora alguns estudos não tenham encontrado esse efeito (como McCain 2009a; Cavarzere and Silveira 2012).

O efeito da altitude nas comunidades biológicas é complexo e também indireto, no qual, fatores diretos, como a temperatura, covariam com a altitude (Austin et al. 1985; Rahbek 1995; Gaston 2003). Na realidade, não há consenso sobre o padrão de distribuição da biodiversidade ao longo dos gradientes altitudinais (Rahbek 1995; Herzog et al. 2005) e muito menos sobre os mecanismos subjacentes. Com relação às aves, por exemplo, quatro padrões são associados aos efeitos da altitude: 1) diminuição da diversidade com o aumento da altitude (*decreasing diversity*); 2) diversidade constante em baixas altitudes, seguida de diminuição da diversidade com o aumento da altitude (*low-elevation plateaus*); 3) elevada diversidade nas baixas altitudes com pico em elevações intermediárias, seguida de diminuição da diversidade com o aumento da altitude (*low-elevation plateaus with mid-peaks*); e 4) pico de diversidade em altitudes intermediárias, com baixa da diversidade nas altitudes mais baixas e mais elevadas (*mid-elevational peaks*) (McCain 2009a).

À medida que novas hipóteses são geradas e testadas, torna-se evidente o envolvimento de vários fatores na relação entre a diversidade de espécies e a altitude (Brown 2001; Lomolino 2001; Gaston 2003; Romdal and Grytnes 2007; McCain 2009a; Cavarzere 2010). Os fatores considerados responsáveis pela variação na biodiversidade ao longo dos gradientes altitudinais podem ser agrupados em quatro categorias principais: climática (baseada no clima atual, como temperatura, precipitação, umidade); espacial e geográfica (relação espécie-área, efeito do domínio médio), evolutiva (taxa de especiação e extinção, conservatismo de nicho) e biológica (competição, dinâmica fonte-sumidouro, ecótonos, heterogeneidade e complexidade de habitat) (Rahbek 1995; Rosenzweig 1995; Lomolino

2001; Grytnes and Vetaas 2002; Sanders 2002; Grytnes and McCain 2007; McCain 2007a, 2009).

Estudos em áreas montanhosas, que abrigam elevados níveis de endemismos, são importantes para obtenção de informações sobre a diversidade de espécies e seus padrões de distribuição ao longo de gradientes altitudinais (McCain 2009a), tanto em ampla escala geográfica (Ruggerio and Hawkins 2008), como em escala local. A Mata Atlântica é um bioma interessante para se estudar o efeito da altitude na riqueza de aves por possuir variação altitudinal do nível do mar até 2.890 m no Pico da Bandeira (Costa and Lima 2005; Faria 2005) e, principalmente, por apresentar grande diversidade de aves (1.020 espécies) e os maiores níveis de endemismo desse grupo no Brasil (Marini and Garcia 2005). Se comparado ao atual número de espécies brasileiras (CBRO 2011), as aves da Mata Atlântica representam 57% da avifauna do Brasil e 18% de aves endêmicas brasileiras. Por exemplo, das espécies de beija-flores que ocorrem no Brasil (Del Hoyo et al. 1999; CBRO 2011), metade é registrada na Mata Atlântica (Grandsau 1989; Sick 1997).

Os beija-flores pertencem à família Trochilidae, que se encontra amplamente distribuída nas Américas, atingindo sua maior diversidade nos trópicos, sendo a região equatorial dos Andes seu centro de dispersão (Brown and Bowers 1985; Sick 1997; Del Hoyo et al. 1999). Esta é uma das maiores famílias de aves das Américas, constituída por 328 espécies (Del Hoyo et al. 1999). No Brasil, ocorrem aproximadamente 84 espécies de beija-flores, sendo a Mata Atlântica o bioma onde o grupo é mais diversificado, com 43 espécies (Grandsau 1989; Sick 1997).

Nosso objetivo no presente estudo foi avaliar se há uma relação entre a altitude e a riqueza e a composição de espécies beija-flores na Mata Atlântica e avaliar quais são os possíveis fatores envolvidos nessa relação: área, temperatura, precipitação, domínio médio e Regra de Rapoport. Testamos a hipótese de que a riqueza e a composição de beija-flores varia ao longo do gradiente altitudinal, havendo diminuição da riqueza com o aumento da altitude, como esperado para os padrões de riqueza de aves em áreas montanhosas úmidas (McCain 2009a).

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Base de Dados

Realizamos o estudo da comunidade de beija-flores ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica com base em dados secundários, disponibilizados na literatura, em base de dados disponíveis na internet e por meio de consulta a especialistas.

Nós identificamos os beija-flores que ocorrem na Mata Atlântica, assim como espécies que ocorrem na transição desse bioma com outros, com base em livros e guias de campo (Grantsau 1989; Sick 1997; Del Hoyo et al. 1999; Sigrist 2007) e utilizamos Bencke et al. (2006) para categorizar as espécies endêmicas de Mata Atlântica. Ao todo, encontramos 43 espécies de beija-flores nesse bioma, das quais 13 são endêmicas (Tabela 4). Adquirimos a área de ocorrência dessas espécies a partir dos mapas de distribuição de Trochilidae da livraria digital do *NatureServe* (Ridgely et al. 2007; acesso em 18 de setembro de 2010). Esses mapas representam a distribuição geral das espécies e foram produzidos a partir de mapas digitais existentes ou digitalizados de livros, compilações ou artigos científicos (Ridgely et al. 2007).

Reunimos informações sobre a distribuição altitudinal de ocorrência dessas espécies na literatura científica: de Scott and Brooke (1985), Grantsau (1989), Stotz et al. (1996), Sick (1997), Del Hoyo et al. (1999), Buzzetti (2000), Sigrist (2007) e Mallet-Rodrigues et al. (2010). Também, consultamos o Dr. Marcelo Ferreira de Vasconcelos e o Dr. Caio Graco Machado (pesquisadores que trabalham com beija-flores e outras aves no Brasil), que nos forneceram informações sobre a altitude de ocorrência de algumas espécies.

A espécie *Phaethornis margarettae*, endêmica de Mata Atlântica não estava presente na biblioteca digital *NatureServe* (Ridgely et al. 2007). Essa espécie é reconhecida pelo CBRO (2011), mas, é considerada como subespécie de *Phaethornis malaris* por Vielliard (1994) e Hinkelman (1996). O mapa de distribuição de *Phaethornis malaris* da *NatureServe* (Ridgely et al. 2007) inclui áreas na Mata Atlântica, provavelmente incluído as áreas de ocorrência da forma *margarettae*. Com base nesses mapas, incluímos essa espécie em nossa análise e usamos a sua altitude de ocorrência. Assim, analisamos a distribuição de 43 espécies de beija-flores nesse bioma, das quais 12 são endêmicas (Tabela 4).

Tabela 4 – Altitude de ocorrência das espécies de beija-flores (Trochilidae) da Mata Atlântica.

Espécies de Beija-flores da Mata Atlântica	Altitude (m)	
	Altitude mínima	Altitude máxima
Phaethornithinae Jardine, 1833		
* <i>Ramphodon naevius</i> (Dumont, 1818)	0	1.000
* <i>Glaucis dohrnii</i> (Bourcier & Mulsant, 1852)	0	500
<i>Glaucis hirsutus</i> (Gmelin, 1788)	0	600
* <i>Phaethornis squalidus</i> (Temminck, 1822)	0	2.250
* <i>Phaethornis idaliae</i> (Bourcier & Mulsant, 1856)	0	500
<i>Phaethornis ruber</i> (Linnaeus, 1758)	0	1.500
<i>Phaethornis pretrei</i> (Lesson & Delattre, 1839)	400	2.100
* <i>Phaethornis eurynome</i> (Lesson, 1832)	100	2.500
<i>Phaethornis malaris</i> (Nordmann, 1835)	0	2.400
Trochilinae Vigors, 1825		
<i>Campylopterus largipennis</i> (Boddaert, 1783)	100	1.400
<i>Eupetomena macroura</i> (Gmelin, 1788)	0	1.800
* <i>Aphantochroa cirrochloris</i> (Vieillot, 1818)	0	1.100
* <i>Florisuga fusca</i> (Vieillot, 1817)	0	1.400
<i>Colibri serrirostris</i> (Vieillot, 1816)	0	2.900
<i>Anthracothorax nigricollis</i> (Vieillot, 1817)	0	1.000
<i>Chrysolampis mosquitus</i> (Linnaeus, 1758)	0	1.700
* <i>Stephanoxis lalandi</i> (Vieillot, 1818)	0	2.900
<i>Lophornis magnificus</i> (Vieillot, 1817)	0	1.100
<i>Lophornis chalybeus</i> (Vieillot, 1822)	100	1.000
<i>Discosura langsdorffi</i> (Temminck, 1821)	100	800
<i>Discosura longicaudus</i> (Gmelin, 1788)	0	700
<i>Chlorostilbon notatus</i> (Reich, 1793)	0	1.000
<i>Chlorostilbon lucidus</i> (Shaw, 1812)	0	2.900
<i>Thalurania furcata</i> (Gmelin, 1788)	110	1.700
* <i>Thalurania watertonii</i> (Bourcier, 1847)	0	700
* <i>Thalurania glaucopis</i> (Gmelin, 1788)	0	1.500
<i>Hylocharis sapphirina</i> (Gmelin, 1788)	0	1.800
<i>Hylocharis cyanus</i> (Vieillot, 1818)	0	1.000
<i>Hylocharis chrysura</i> (Shaw, 1812)	200	1.100
* <i>Leucochloris albicollis</i> (Vieillot, 1818)	0	2.100
<i>Polytmus guainumbi</i> (Pallas, 1764)	0	600
<i>Amazilia leucogaster</i> (Gmelin, 1788)	0	250
<i>Amazilia versicolor</i> (Vieillot, 1818)	0	1.700
<i>Amazilia fimbriata</i> (Gmelin, 1788)	0	1.100
<i>Amazilia lactea</i> (Lesson, 1832)	0	1.400
* <i>Clytolaema rubricauda</i> (Boddaert, 1783)	0	2.100
<i>Augastes scutatus</i> (Temminck, 1824)	900	2.000
<i>Augastes lumachella</i> (Lesson, 1838)	900	2.000
<i>Heliathryx auritus</i> (Gmelin, 1788)	400	1.100
<i>Heliactin bilophus</i> (Temminck, 1820)	500	1.000
<i>Heliomaster squamosus</i> (Temminck, 1823)	650	1.100
<i>Heliomaster furcifer</i> (Shaw, 1812)	650	1.000
<i>Calliphlox amethystina</i> (Boddaert, 1783)	0	2.400

Nota: Espécies endêmicas de Mata Atlântica destacadas em Negrito. A identificação taxonômica segue o CBRO (2011).

Determinamos a extensão original do bioma Mata Atlântica a partir das ecorregiões terrestres da *World Wildlife*, WWF (Olson et al. 2001, acesso em 18 de setembro de 2010). As ecorregiões são unidades geográficas diferenciadas pela distinta constituição de suas assembleias de comunidades naturais, correspondendo assim à regionalização da biodiversidade (Olson et al. 2001). Utilizamos a área de extensão original da Mata Atlântica (Figura 1), que cobria uma ampla área de aproximadamente 1,5 milhões de Km², abrangendo uma variação latitudinal de 28° (de 3°S a 33°S) e variação longitudinal de aproximadamente 25° (Oliveira-Filho and Fontes 2000; Villela et al. 2012).

Figura 1 – Extensão original da Mata Atlântica na América do Sul.

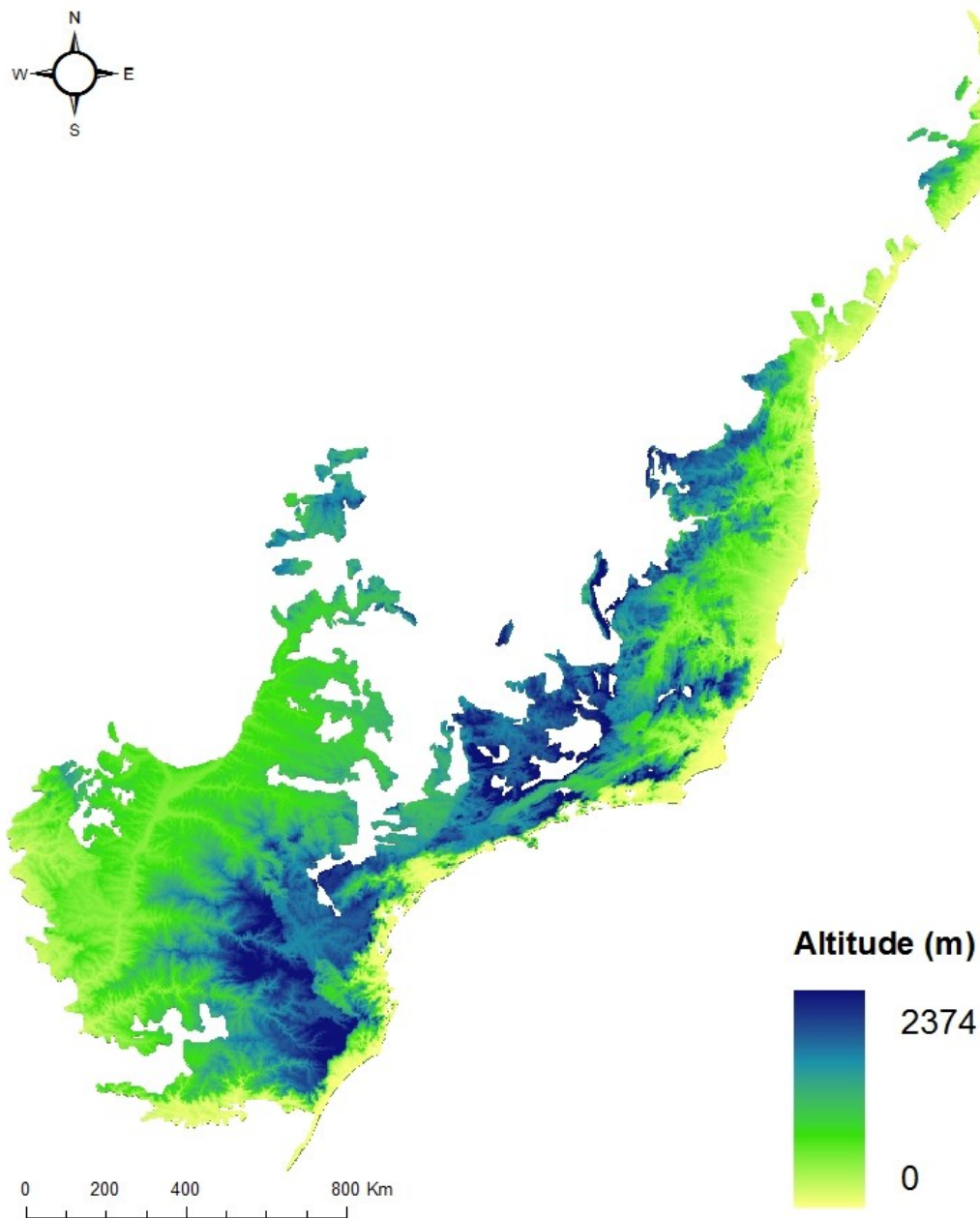


Nota: Os mapas das ecorregiões da América do Sul serviram como base, onde destacamos os países (contornos em cinza).

Fonte: Mata Atlântica - WWF, 2001; Brasil - IBGE, 2005; Argentina e Paraguai - GDAM, 2012.

A Mata Atlântica abrange altitudes do nível do mar até 2.890 m (altitude do Pico da Bandeira em Minas Gerais; Costa and Lima 2005; Faria 2005). Os dados de altitude seguiram um modelo digital de elevação (DEM, na sigla em inglês) construído a partir de imagens do Shuttle Radar Topographic Mission (SMRT), disponibilizados na resolução espacial de 30 arco-segundos (~ 1km), pela base de dados do *Worldclim* Versão 1.4 (Hijman et al. 2005; acesso em 18 de setembro de 2010). Com base nesses dados, os valores de altitude na Mata Atlântica variaram do nível do mar até 2.374 m (Figura 2).

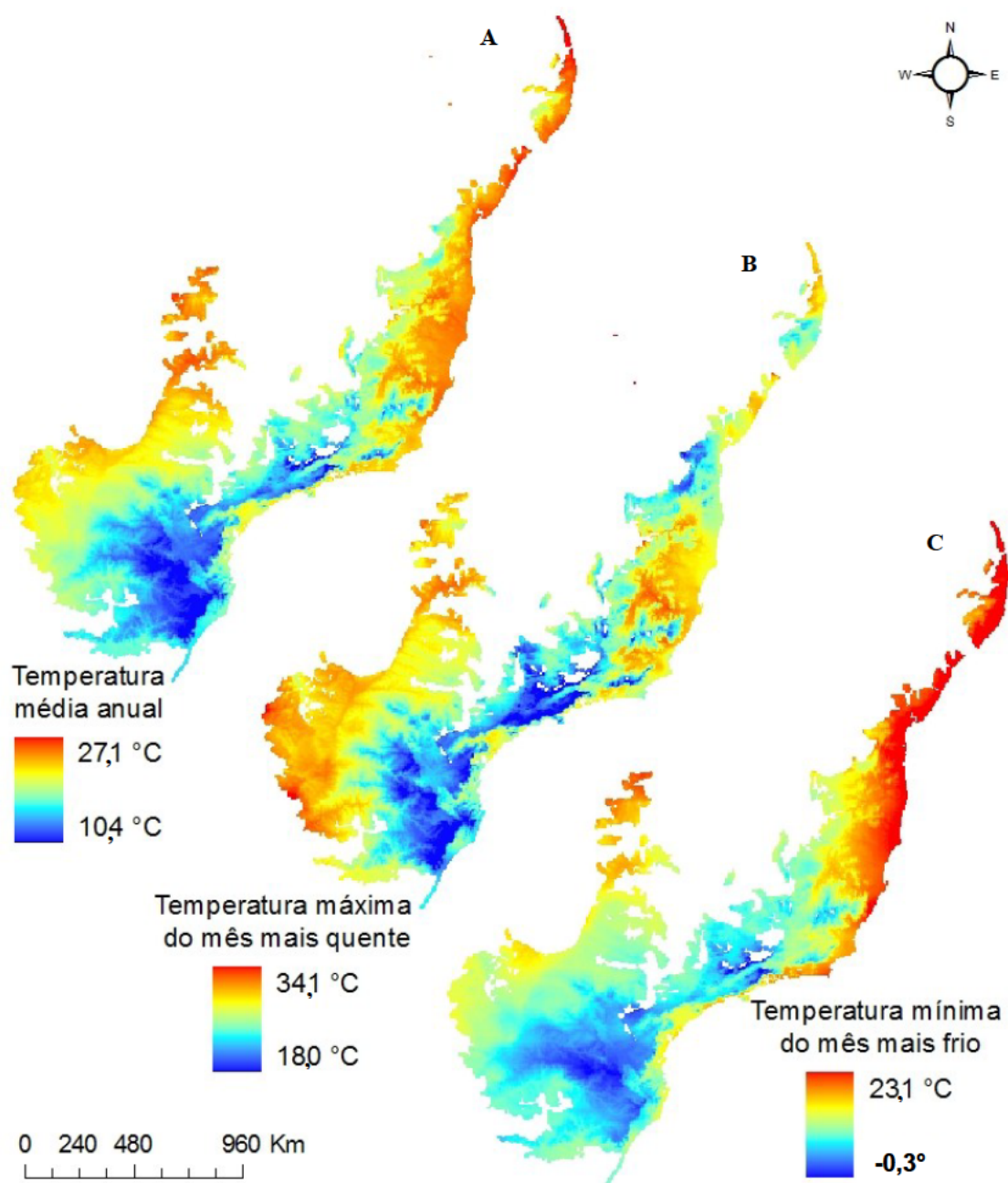
Figura 2 – Gradiente altitudinal da Mata Atlântica.



Nota: Mapa produzido segundo o modelo digital de elevação SMRT.
Fonte: *Worldclim*, 2010.

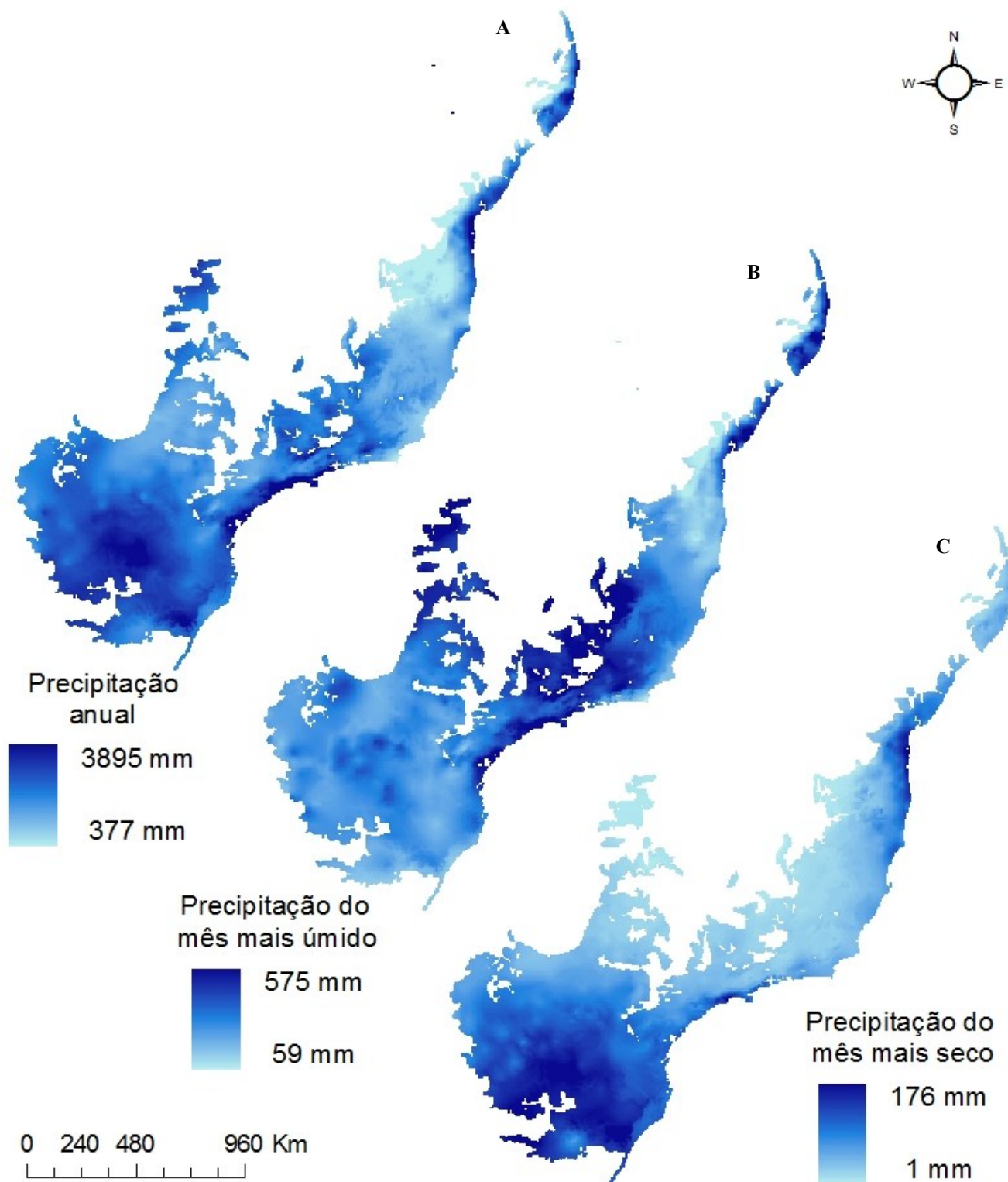
Também compilamos dados de temperatura (média anual, mínima do mês mais frio e máxima do mês mais quente) e precipitação (anual, do mês mais seco e do mês mais úmido) disponibilizados pela *Worldclim*, com resolução de 30 arco-segundos (Hijman et al. 2005; acesso em 18 de setembro de 2010). Com base nesses arquivos, há acentuada variação da temperatura (Figura 3) e da precipitação (Figura 4) ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica.

Figura 3 – Temperatura da Mata Atlântica segundo dados disponibilizados pela *WorldClim*.



Legenda: (A) Temperatura média anual; (B) Temperatura mínima do mês mais frio; (C) Temperatura máxima do mês mais quente.

Fonte: *Worldclim*, 2010.

Figura 4 – Precipitação da Mata Atlântica segundo dados disponibilizados pela *WorldClim*.

Legenda: (A) Precipitação anual; (B) Precipitação do mês mais seco; (C) Precipitação do mês mais úmido.
Fonte: *Worldclim*, 2010.

Estudamos a distribuição altitudinal da comunidade de beija-flores da Mata Atlântica por meio de dois conjuntos de análises: 1) análises não espacialmente explícitas, nas quais usamos apenas as informações sobre amplitude altitudinal de ocorrência das espécies obtidas na literatura e em consulta a especialistas, e 2) análises espacialmente explícitas, nas quais usamos as informações obtidas na literatura, consulta a especialistas e mapas digitais de distribuição das espécies.

Para a análise estatística, primeiramente avaliamos o padrão de distribuição (teste de normalidade Shapiro-Wilk) e a distribuição das variâncias dos dados (teste de Levene) (Zar 2010) no programa *Statistica 7.1* (Statsoft 2005). Os dados não possuíam distribuição normal e eram heterocedásticos, mesmo após sua transformação logarítmica. Portanto, utilizamos testes não paramétricos.

2.2.2 Análises espacialmente não explícitas

A partir das informações sobre a distribuição altitudinal de ocorrência das 43 espécies de beija-flores da Mata Atlântica (Tabela 4), definimos a extensão altitudinal de cada espécie. Com isso, registramos a composição e a riqueza por faixas altitudinais de 100 m, independente da localização geográfica de ocorrência das espécies nesse bioma.

Relacionamos a riqueza de beija-flores à área das faixas altitudinais da Mata Atlântica. Para isso, calculamos a área de cada faixa altitudinal, segundo o modelo digital de elevação, utilizando o programa ArcGIS (ESRI 2009), mas, não consideramos a inclinação terreno. Com isso, realizamos uma correção na qual a riqueza de espécies foi dividida pelo logaritmo da área de extensão das faixas altitudinais, como realizado por Vetaas e Grytnes (2002). Essa correção da área simplesmente calcula a riqueza esperada em cada faixa altitudinal se a área fosse considerada constante entre as faixas altitudinais (Cavarzere 2010).

Para a análise do efeito de Rapoport, calculamos a amplitude altitudinal de cada espécie de beija-flor por meio da diferença entre a altitude máxima e mínima de ocorrência das espécies na Mata Atlântica (Tabela 4). Esse método, denominado de interpolação da presença de espécies, tem sido amplamente utilizado em investigações sobre o padrão de riqueza de espécies ao longo de gradientes altitudinais (Rahbek 1995; Vetaas and Grytnes 2002; McCain 2009a). Com isso, calculamos as médias das amplitudes altitudinais de todas as espécies presentes em cada faixa altitudinal (segundo Stevens 1992) e o ponto médio de

distribuição altitudinal das espécies. O ponto médio (*midpoint*) é uma medida de tendência central, calculada pela altitude equidistante entre os extremos altitudinais nos quais cada espécie ocorre (Rohde et al. 1993; Almeida-Neto et al. 2006).

Avaliamos o efeito do domínio médio por meio do programa *Mid-Domain Null* (McCain 2004), no qual realizamos 50.000 simulações de Monte Carlo das amplitudes altitudinais das espécies de beija-flores da Mata Atlântica. A partir dessas simulações, o programa cria curvas de riqueza (riqueza simulada) baseadas nas amplitudes de ocorrência das espécies e nos pontos médios de distribuição altitudinal das espécies, gerando modelos nulos com intervalo de confiança de 95% (McCain 2004). Assim, o programa realiza uma comparação da riqueza observada com a riqueza esperada pelo efeito do domínio-médio (McCain 2004).

Além desses dados, também estimamos a variação da riqueza de beija-flores ao longo de gradientes latitudinais e longitudinais. Para isso, registramos a ocorrência de cada espécie dentro de faixas de 0,5° de latitude e 0,5° de longitude, utilizando como base os mapas digitais de distribuição das espécies da *NatureServe* (Ridgely et al. 2007). A partir dessa informação, pudemos avaliar a riqueza das espécies dentro dessas faixas de latitude e de longitude.

Calculamos a diversidade β (taxa da mudança da composição de espécies) ao longo do gradiente altitudinal por meio do Índice de Sorensen realizado no programa *EstimateS*, versão 8.2.0 (Colwell 2006). A partir disso, analisamos as similaridades na composição das espécies entre as faixas altitudinais por meio da técnica de ordenação escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) (McCune & Grace 2002), utilizando a medida de distância de Bray-Curtis. Essa análise foi realizada no programa Systat 11.

Utilizamos a correlação de Spearman para analisar os dados: 1) riqueza de espécies e faixas altitudinais; 2) correção riqueza de espécies (razão da riqueza de espécies pelo logaritmo da área das faixas altitudinais) e faixas altitudinais; 3) ponto médio de distribuição e amplitude altitudinal dos beija-flores; 4) riqueza simulada (calculada pelo programa *Mid-Domain Null*) e riqueza de espécies (observada); 5) riqueza de beija-flores e faixas latitudinais (substituímos as categorias das faixas pelo valor mínimo da latitude de cada faixa); 6) riqueza de beija-flores e faixas longitudinais (substituímos as categorias das faixas pelo valor mínimo da longitude de cada faixa). Nas correlações em que as faixas altitudinais foram usadas, substituímos as categorias pelo valor mínimo da altitude em cada faixa, embora em algumas representações gráficas as categorias sejam mostradas.

O efeito de Rapoport foi analisado apenas pela relação entre o ponto médio e a amplitude altitudinal de ocorrência das espécies na Mata Atlântica. Esse método avalia o ponto médio de cada espécie, mantendo a independência dos dados (Rohde et al. 1993; Colwell and Hurr 1994; Almeida-Neto et al. 2006). Não utilizamos as médias das amplitudes em cada faixa altitudinal, pois algumas espécies estão presentes em mais de uma faixa altitudinal (Stevens 1992), assim, as médias não são estatisticamente independentes (Colwell and Hurr 1994).

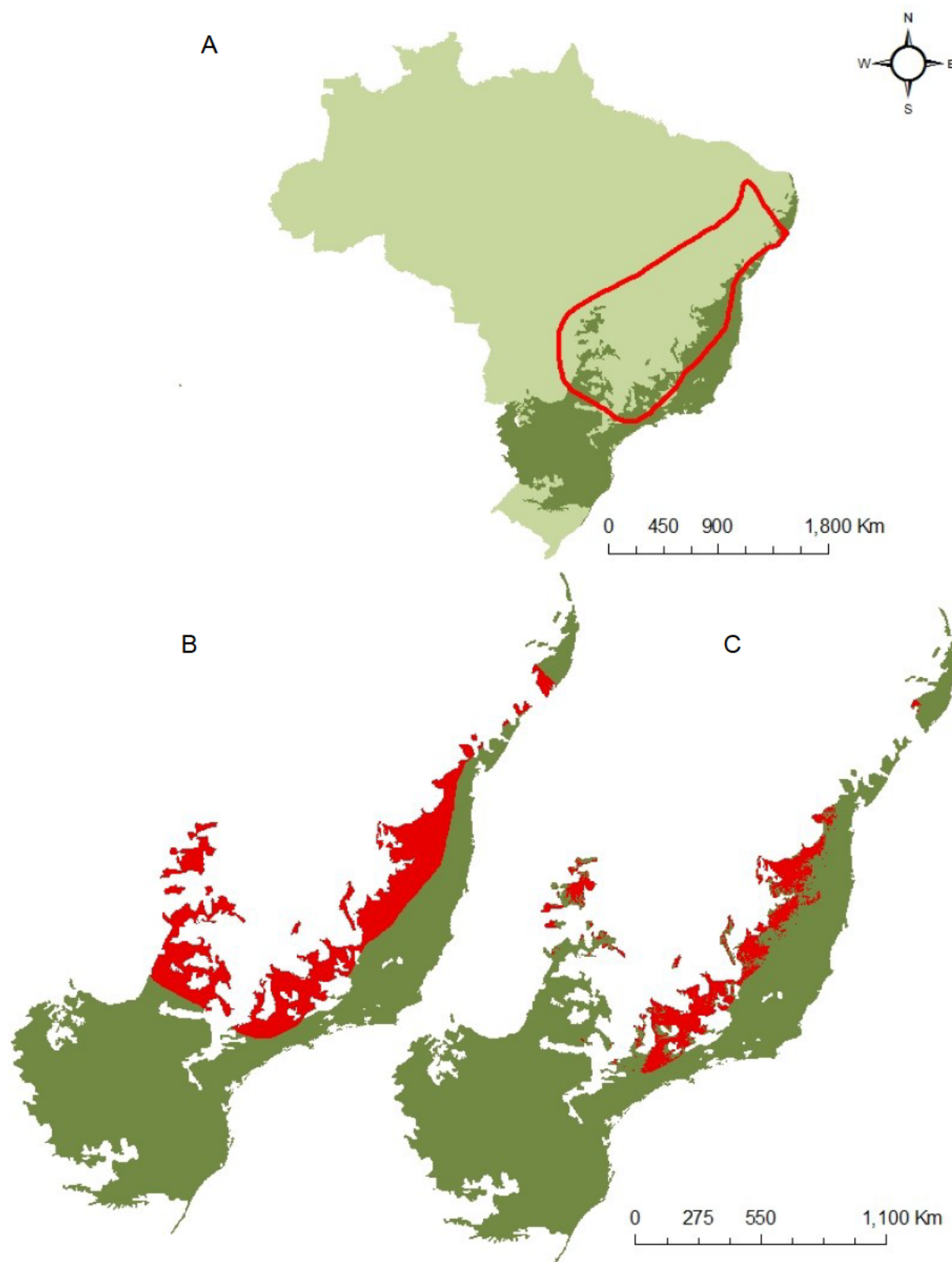
2.2.3 Análises espacialmente explícitas

Neste conjunto de análises, todos os dados foram trabalhados no programa ArcGIS 9.3 (ESRI 2009).

Utilizamos os mapas digitais de distribuição dos 43 beija-flores que ocorrem na Mata Atlântica (Ridgely et al. 2007) para avaliarmos a riqueza de espécies nesse bioma. Somamos os mapas de distribuição das espécies gerando assim, um mapa de riqueza de beija-flores, que foi denominado riqueza simples. Fizemos o mesmo procedimento utilizando apenas as espécies endêmicas, gerando um mapa de riqueza simples de espécies endêmicas.

Além dos mapas de riqueza simples, criamos ‘mapas de riqueza altitudinal’. Para isso, dentro do mapa digital de distribuição de cada espécie selecionamos apenas as faixas altitudinais de ocorrência das espécies (a partir dos dados na Tabela 4), criando assim um mapa de distribuição altitudinal para cada espécie (exemplo na Figura 5). Esses mapas são, portanto, mais refinados que os mapas digitais originais de distribuição, pois retiramos o erro de comissão. Com a soma dos mapas de distribuição altitudinal das espécies, criamos o mapa de riqueza altitudinal, para todas as espécies e para as espécies endêmicas.

Figura 5 – Exemplo do procedimento para a criação dos mapas de distribuição altitudinal das espécies de beija-flores, utilizando o mapa de distribuição da espécie *Heliomaster squamosus*.

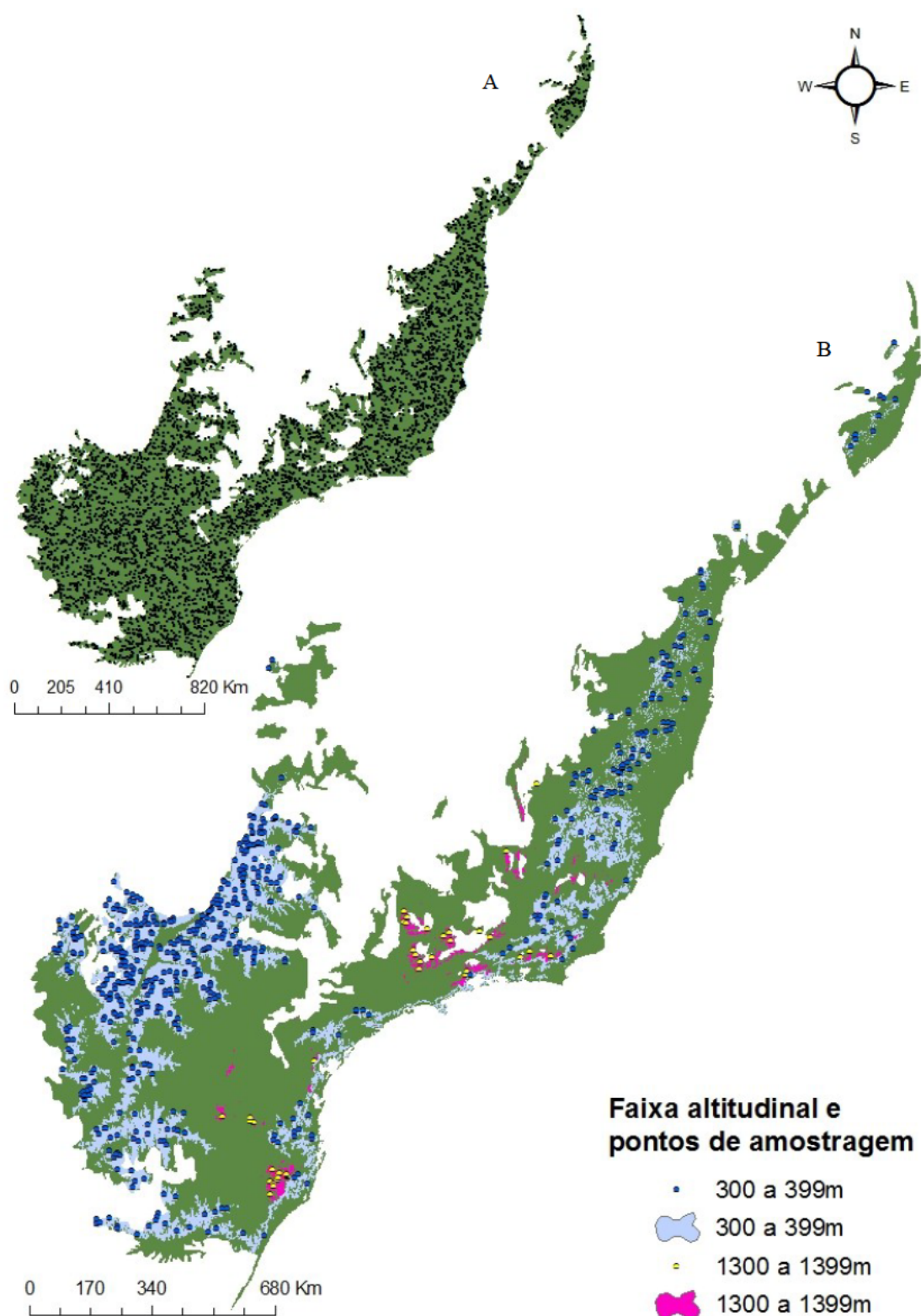


Legenda: (A) Mapa digital de distribuição da NatureServe de *Heliomaster squamosus* (contorno vermelho), com a Mata Atlântica destacada em verde; (B) mapa de distribuição de *H. squamosus* na Mata Atlântica (em vermelho); (C) mapa de distribuição altitudinal de *H. squamosus* na Mata Atlântica (em vermelho), selecionando apenas as áreas dentro da faixa altitudinal conhecida de ocorrência da espécie (650 m a 1.100 m).

Para estabelecer a relação entre a riqueza de espécies e as variáveis ambientais (altitude, temperatura, precipitação, latitude e longitude) fizemos uma amostragem no *software* ArcGIS (ESRI 2009), utilizando 5.000 pontos aleatoriamente distribuídos na Mata Atlântica (Figura 6). Para cada um dos pontos, determinamos os valores da riqueza de beija-flores e das diferentes variáveis ambientais. Realizamos o procedimento para os mapas de riqueza simples e os de riqueza altitudinal, tanto para todas as espécies como para as espécies endêmicas, separadamente. Também, utilizamos esses dados para estabelecer a relação entre as variáveis climáticas de temperatura e precipitação e a altitude.

As diferentes faixas altitudinais na Mata Atlântica são muito desiguais, com as faixas mais elevadas ocupando uma área muito menor que faixas menos elevadas. Para minimizar o efeito da área nas análises da relação entre riqueza de beija-flores e altitude, fizemos, adicionalmente, uma amostragem utilizando 5.000 pontos distribuídos em proporção à área ocupada pelas faixas altitudinais de 100 m (Figura 6).

Figura 6 – Mapa da ecorregião Mata Atlântica (da WWF) com os pontos de amostragem utilizados (aleatoriamente distribuídos e distribuídos em proporção à área das faixas altitudinais).



Legenda: (A) 5.000 pontos aleatoriamente distribuídos pelo bioma (pontos pretos); (B) exemplo dos pontos de amostragem distribuídos em proporção à área ocupada pelas faixas altitudinais de 300 a 399 m (área de aproximadamente 141.810 Km²; 598 pontos azuis) e de 1.300 a 1.399 m (~ 9.165 Km²; 39 pontos amarelos).

Analizamos a diferença entre a riqueza simples e a riqueza altitudinal por meio do teste Wilcoxon, no programa *Statistica 7.1* (Statsoft 2005). Essa análise não paramétrica compara duas amostras pareadas, utilizando o valor das diferenças entre dois conjuntos de variáveis dependentes (Zar 2010).

Realizamos a análise da relação entre as variáveis ambientais (altitude, temperatura, precipitação, latitude e longitude) e a riqueza por meio da análise de correlação de Spearman (Zar 2010) e, também por meio da correção do número de graus de liberdade pelo método de Dutilleul para a correção da autocorrelação espacial (Dutilleul 1993). Fizemos isso tanto para os dados gerados a partir da amostragem com 5.000 pontos aleatoriamente distribuídos, bem como para os dados distribuídos em proporção à área das faixas altitudinais. A autocorrelação espacial baseia-se na estrutura espacial em uma matriz, na qual as variáveis aleatórias (representadas por pontos) são relacionadas às variáveis do entorno a uma dada distância (Legendre and Legendre 1998; Borcard et al. 2011). As relações com o entorno (zona de influencia e a distância entre os pontos) são fundamentadas por processos biológicos (Borcard et al. 2011), que determinam se os pontos são mais similares (autocorrelação positiva) ou menos similares (autocorrelação negativa) (Legendre and Legendre 1998; Borcard et al. 2011). Quando os dados são autocorrelacionados, os pontos não são independentes uns dos outros, de modo que uma nova observação não traz um grau de liberdade completo, atrapalhando as análises (Borcard et al. 2011). Realizamos as análises de autocorrelação espacial no programa SAM 4.0 (Rangel et al. 2010).

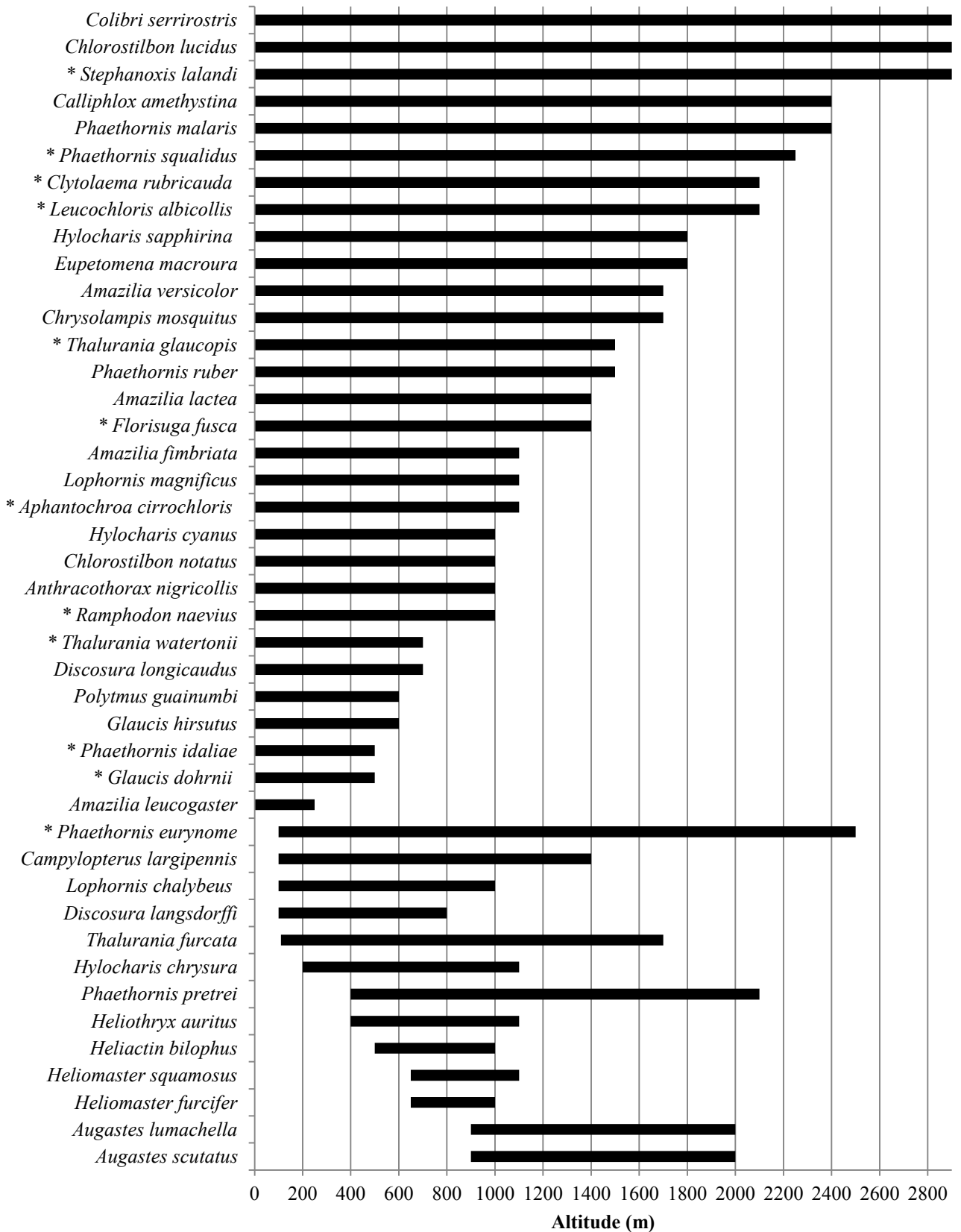
Também, avaliamos a contribuição das variáveis ambientais e do componente espacial (variáveis preditoras) para explicar a variação na composição de espécies (variável resposta) por meio do método de partição de variância, seguindo a procedimento proposto por Dray et al. (2012) e Legendre et al. (2012). Para isso, selecionamos as variáveis ambientais (altitude, temperatura e precipitação) e os filtros espaciais (*Moran's eigenvector maps*, sigla MEMs; Dray et al. 2012) significativamente relacionados a composição das espécies (Blanchet et al. 2008) e, depois, utilizamos uma análise de redundância. Realizamos essa análise no programa R versão 3.0.1 (R Development 2013), usando os pacotes: 'vegan' (Oksanen et al. 2012), 'packfor' (Dray et al. 2011) e 'ade4' (Dray and Dufour 2007).

2.3 Resultados

2.3.1 Análises não espacialmente explícitas

Observamos que a maioria das espécies de beija-flores da Mata Atlântica (25 espécies, sendo oito endêmicas desse bioma) se distribui amplamente ao longo do gradiente altitudinal, com ocorrência abrangendo mais de 1.100 m de altitude. Dentre essas, *Colibri serrirostris*, *Stephanoxis lalandi* e *Chlorostilbon lucidus* ocorreram em todas as altitudes da Mata Atlântica, com amplitude altitudinal de 2.900 m. As espécies com distribuição altitudinal mais restrita que detectamos foram *Amazilia leucogaster*, *Heliomaster furcifer* e *Heliomaster squamosus* (amplitude altitudinal de 250, 350 e 450 m, respectivamente) (Figura 7). Também, observamos 15 espécies exclusivas de áreas com menos de 1.000 m de altitude (sendo quatro endêmicas) e apenas duas exclusivas de áreas com mais de 900 m de altitude (Tabela 4, Figura 7).

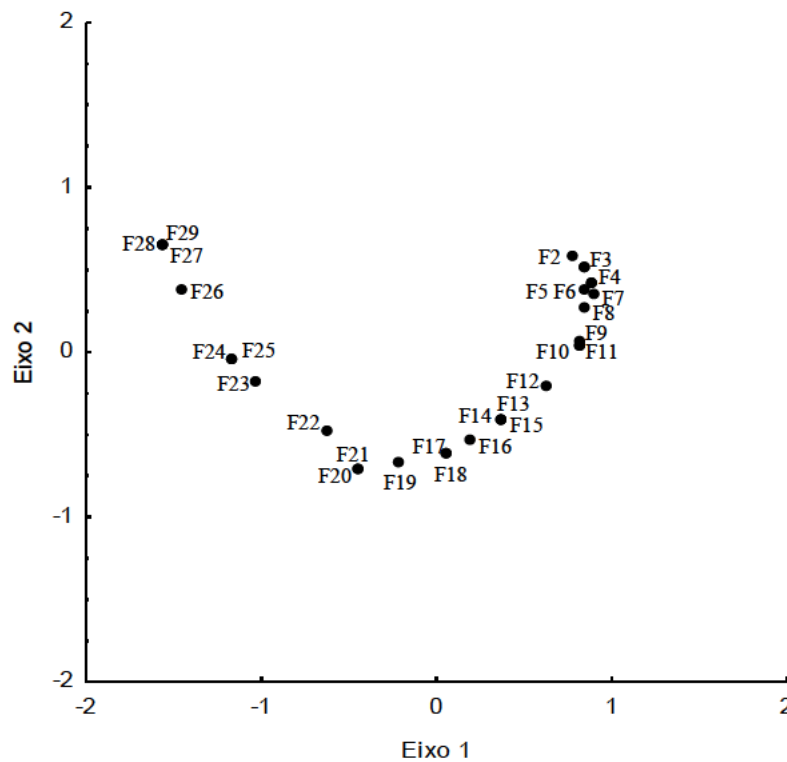
Figura 7 – Amplitude altitudinal de ocorrência das espécies de beija-flores (Trochilidae) da Mata Atlântica (variação do gradiente altitudinal de zero a 2.900 m).



Nota: Espécies endêmicas desse bioma com um asterisco. A identificação taxonômica segue o CBRO (2011).

Ao analisarmos a composição de espécies de beija-flores da Mata Atlântica, detectamos os maiores valores de diversidade β (85% de taxa de mudança na composição das espécies) entre as faixas altitudinais mais baixas (de 100-199, 200-299, 300-399, 400-499, 500-599, 600-699, 700-799 e 800-899 m de altitude) e as faixas mais elevadas (2.600-2.699, 2.700-2.799 e 2.800-2.900 m) (Anexo 1). Corroborando com os valores de diversidade β encontrados, a ordenação da composição das espécies nas faixas altitudinais revelou, pela análise do eixo 1 do NMDS, a formação de quatro grupos principais (Figura 8): 1) altitudes menos elevadas, do nível do mar à 1.099 m de altitude (F1 até F11); 2) altitudes intermediárias, de 1.100 à 2.199 m de altitude (F12 até F22); 3) altitudes elevadas de 2.220 m até 2.499 m de altitude (F23 até F25); e 4) altitudes mais elevadas de 2.500 a 2.600 m de altitude (F26 até F29). A ordenação da composição das espécies nas faixas altitudinais representada pelos dois eixos do NMDS revelou 99,85% da variação nas distâncias de Bray-Curtis ($Stress=0,02$).

Figura 8 – Dois primeiros eixo da análise NMDS para a composição de espécies de beija-flores ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica (dividido em faixas de 100 m de altitude) ($Stress=0,02$).

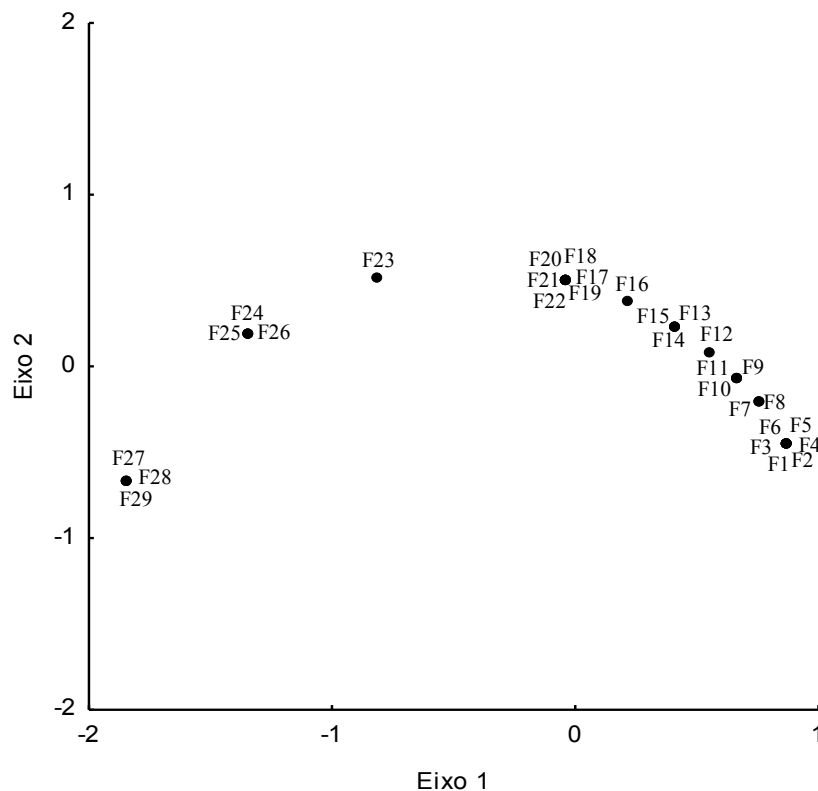


Nota: Faixas altitudinais: F1 do nível do mar até 99 m de altitude; F2 de 100 à 199 m; F3 de 200 à 299 m; F4 de 300 à 399 m; F5 de 400 à 499 m; F6 de 500 à 599 m; F7 de 600 à 699 m; F8 de 700 à 799 m; F9 de 800 à 899 m; F10 de 900 à 999 m; F11 de 1.000 à 1.099 m; F12 de 1.100 à 1.199 m; F13 de 1.200 à 1.299 m; F14 de 1.300 à 1.399 m; F15 de 1.400 à 1.499 m; F16 de 1.500 à 1.599 m; F17 de 1.600 à 1.699 m; F18 de 1.700 à 1.799 m; F19 de 1.800 à 1.899 m; F20 de 1.900 à 1.999 m; F21 de 2.000 à 2.099 m; F22 de 2.100 à 2.199 m; F23 de 2.200

à 2.299 m; F24 de 2.300 à 2.399 m; F25 de 2.400 à 2.499 m; F26 de 2.500 à 2.599 m; F27 de 2.600 à 2.699 m; F28 de 2.700 à 2.799 m; F29 de 2.800 à 2.900 m de altitude.

Quando avaliamos apenas as espécies endêmicas de Mata Atlântica, obtivemos resultados similares aos anteriores, com as maiores taxas de mudanças na composição das espécies entre as faixas altitudinais menos elevadas (100-199, 200-299, 300-399, 400-499, 500-599 m) e as faixas mais elevadas (2.600-2.699, 2.700-2.799 e 2.800-2.900 m) (Anexo 2). Com base na análise do eixo 1 do NMDS da composição das espécies endêmicas nas faixas altitudinais, detectamos formação de três agrupamentos (Figura 9): 1) do nível do mar até 2.299 m de altitude (F1 até F22); 2) de 2.300 à 2.599 m de altitude; 3) de 2.600 à 2.900 m de altitude. A ordenação da composição das espécies nas faixas altitudinais representada pelos dois eixos do NMDS revelou 100% da variação nas distâncias de Bray-Curtis ($Stress < 0,01$).

Figura 9 – Dois primeiros eixo da análise NMDS para a composição de espécies de beija-flores endêmicos ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica (dividido em faixas de 100 m de altitude) ($Stress = 0,02$).

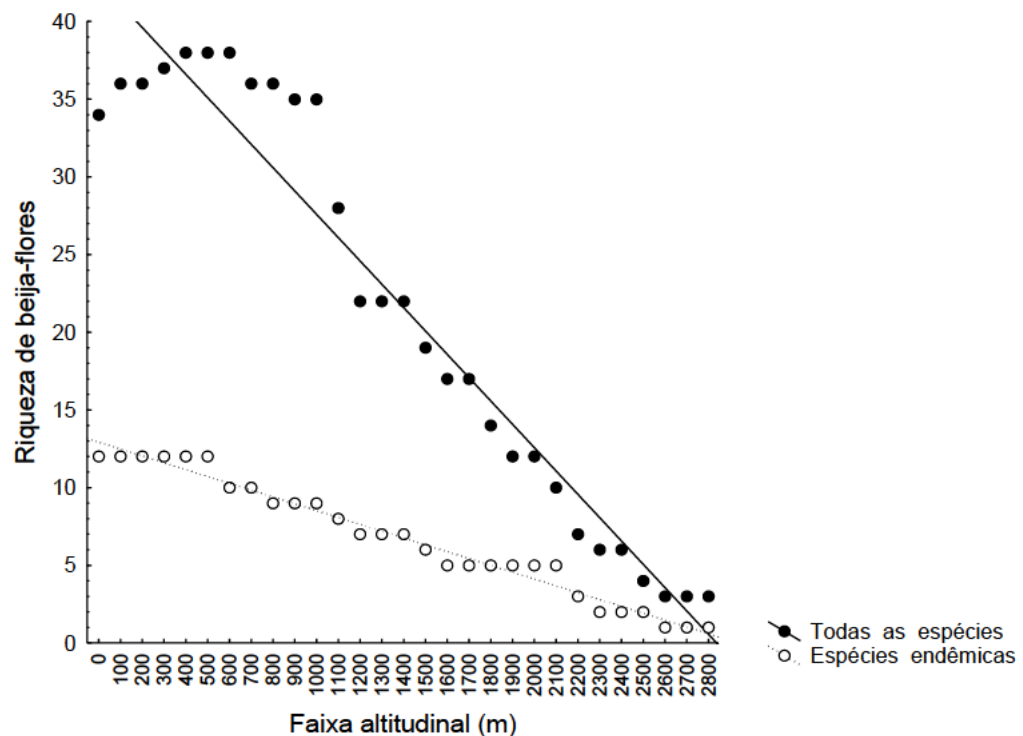


Legenda: Faixas altitudinais: F1 do nível do mar até 99 m de altitude; F2 de 100 à 199 m; F3 de 200 à 299 m; F4 de 300 à 399 m; F5 de 400 à 499 m; F6 de 500 à 599 m; F7 de 600 à 699 m; F8 de 700 à 799 m; F9 de 800 à 899

m; F10 de 900 à 999 m; F11 de 1.000 à 1.099 m; F12 de 1.100 à 1.199 m; F13 de 1.200 à 1.299 m; F14 de 1.300 à 1.399 m; F15 de 1.400 à 1.499 m; F16 de 1.500 à 1.599 m; F17 de 1.600 à 1.699 m; F18 de 1.700 à 1.799 m; F19 de 1.800 à 1.899 m; F20 de 1.900 à 1.999 m; F21 de 2.000 à 2.099 m; F22 de 2.100 à 2.199 m; F23 de 2.200 à 2.299 m; F24 de 2.300 à 2.399 m; F25 de 2.400 à 2.499 m; F26 de 2.500 à 2.599 m; F27 de 2.600 à 2.699 m; F28 de 2.700 à 2.799 m; F29 de 2.800 à 2.900 m de altitude.

A riqueza de beija-flores da Mata Atlântica variou de três a 38 espécies e, considerando apenas as espécies endêmicas, a riqueza variou de uma a 12 espécies (Figura 10). Observamos a maior riqueza de 400 a 699 m de altitude, ocorrendo 38 espécies em cada faixa altitudinal. A partir de 1.000 m de altitude, registramos uma diminuição da riqueza de beija-flores com aumento da altitude ($R_s = -0,95$; $N = 29$; $P < 0,01$). Quando analisamos apenas as espécies endêmicas, observamos a maior riqueza do nível do mar até 599 m de altitude (12 espécies em cada faixa altitudinal), havendo, a partir de 600 m, uma suave diminuição no número de espécies com o aumento da altitude ($R_s = -0,99$; $N = 29$; $P < 0,01$) comparada à análise com todas as espécies (Figura 10).

Figura 10 – Relação entre a riqueza de beija-flores da Mata Atlântica e as faixas altitudinais.



Nota: as faixas de 100 m de altitude pelo valor inicial de cada faixa.

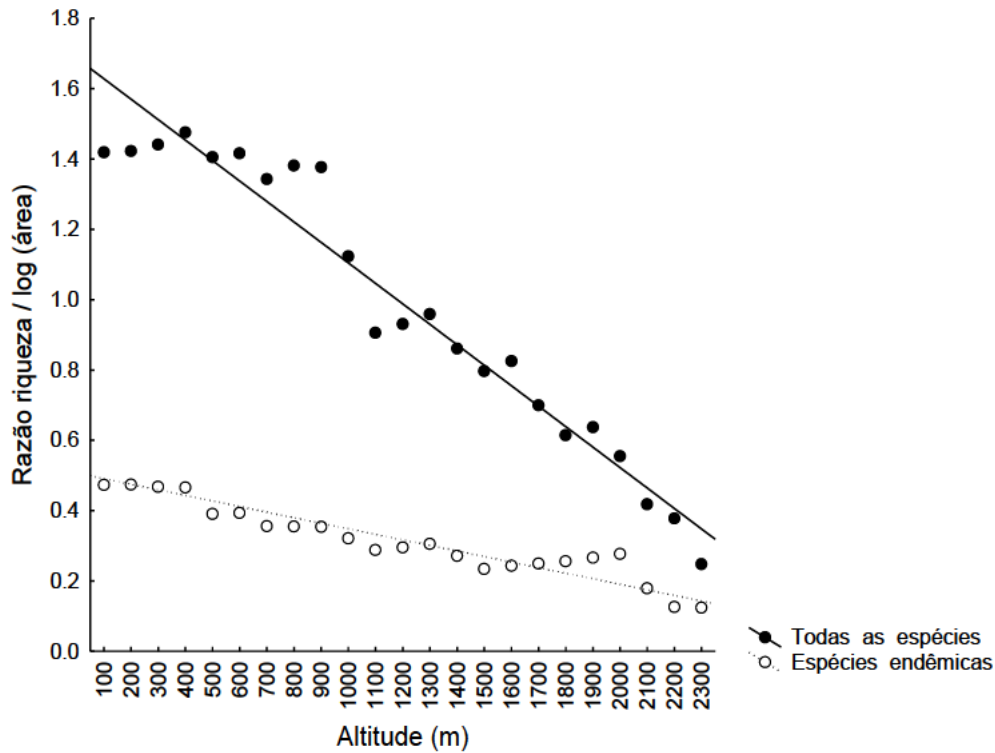
As maiores áreas nas faixas altitudinais da Mata Atlântica compreenderam altitudes entre 300 e 500 m e observamos as menores áreas nas faixas acima de 2.100 m (Tabela 5), havendo correlação negativa entre a altitude e as áreas das faixas altitudinais ($R_s = -0,81$; $N = 24$; $P < 0,01$).

Na correlação da riqueza de espécies pelo logaritmo das áreas das faixas altitudinais (Tabela 5), também observamos uma diminuição na riqueza de beija-flores com o aumento da altitude, tanto quando analisamos todas as espécies ($R_s = -0,98$; $N = 24$; $P < 0,01$), como quando analisamos apenas endêmicas ($R_s = -0,96$; $N = 24$; $P < 0,01$) (Figura 11).

Tabela 5 – Área de extensão das faixas altitudinais (100 m de altitude) da Mata Atlântica e razão do número de espécies dividido pelo logaritmo da área de extensão de cada faixa altitudinal.

Faixa altitudinal (m)	Área de extensão (km²)	Razão riqueza/ log(área)
0-99	1,92 x 10 ²	1,78
100-199	1.051,60 x 10 ²	1,42
200-299	979,37 x 10 ²	1,42
300-399	1.418,10 x 10 ²	1,44
400-499	1.523,27 x 10 ²	1,48
500-599	1.328,02 x 10 ²	1,41
600-699	1.097,83 x 10 ²	1,42
700-799	978,46 x 10 ²	1,34
800-899	1.006,70 x 10 ²	1,38
900-999	1.090,41 x 10 ²	1,38
1.000-1.099	677,48 x 10 ²	1,12
1.100-1.199	352,94 x 10 ²	0,91
1.200-1.299	187,74 x 10 ²	0,93
1.300-1.399	91,65 x 10 ²	0,96
1.400-1.499	38,83 x 10 ²	0,86
1.500-1.599	18,33 x 10 ²	0,80
1.600-1.699	8,95 x 10 ²	0,82
1.700-1.799	4,99 x 10 ²	0,70
1.800-1.899	3,07 x 10 ²	0,61
1.900-1.999	1,51 x 10 ²	0,64
2.000-2.099	0,68 x 10 ²	0,55
2.100-2.199	0,18 x 10 ²	0,42
2.200-2.299	0,08 x 10 ²	0,38
2.300-2.800	0,11 x 10 ²	0,25

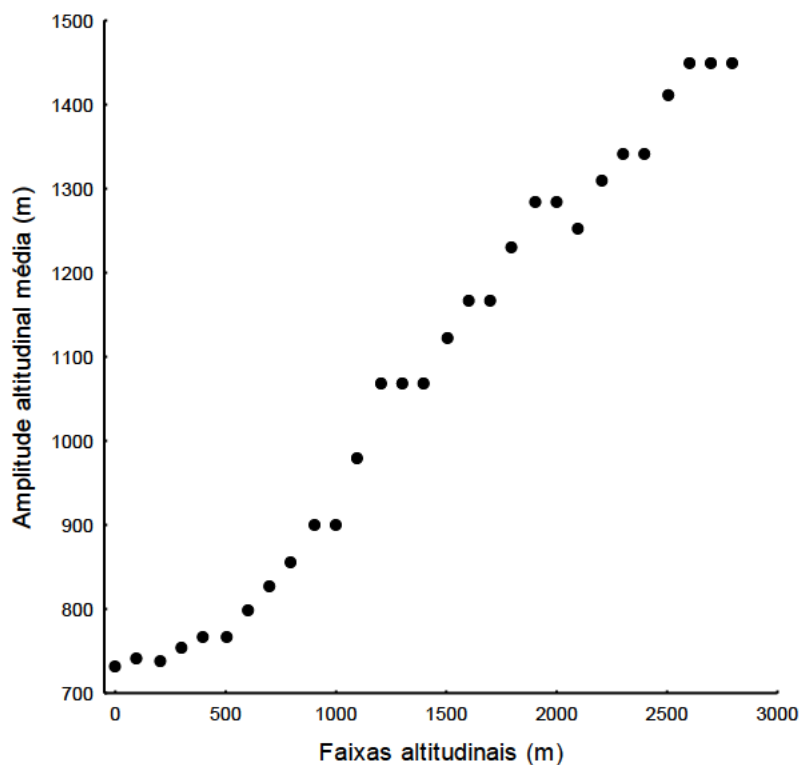
Figura 11 – Relação entre a razão riqueza de beija-flores e as faixas altitudinais da Mata Atlântica pelo logaritmo das áreas de cada faixa altitudinal.



Nota: as faixas de 100 m de altitude pelo valor inicial de cada faixa.

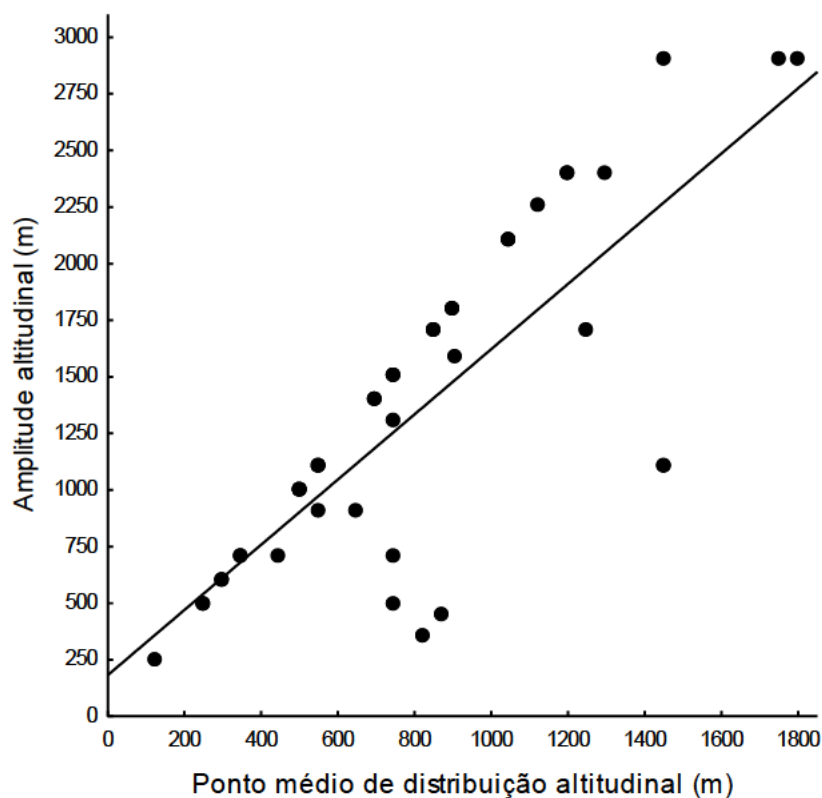
Na análise de Rapoport, observamos que a amplitude altitudinal média (*Stevens plot*; Figura 12) e o ponto médio de distribuição altitudinal (*Midpoint plot*; Figura 13) aumentaram em altitudes mais elevadas, havendo uma relação positiva e significativa entre o ponto médio de distribuição das espécies e a amplitude altitudinal ($R_s = 0,77$; $N = 43$; $P < 0,01$), como previsto pela Regra de Rapoport.

Figura 12 – Relação entre a amplitude altitudinal média e as faixas altitudinais de ocorrência das espécies de beija-flores da Mata Atlântica.



Nota: as faixas de 100 m de altitude pelo valor inicial de cada faixa.

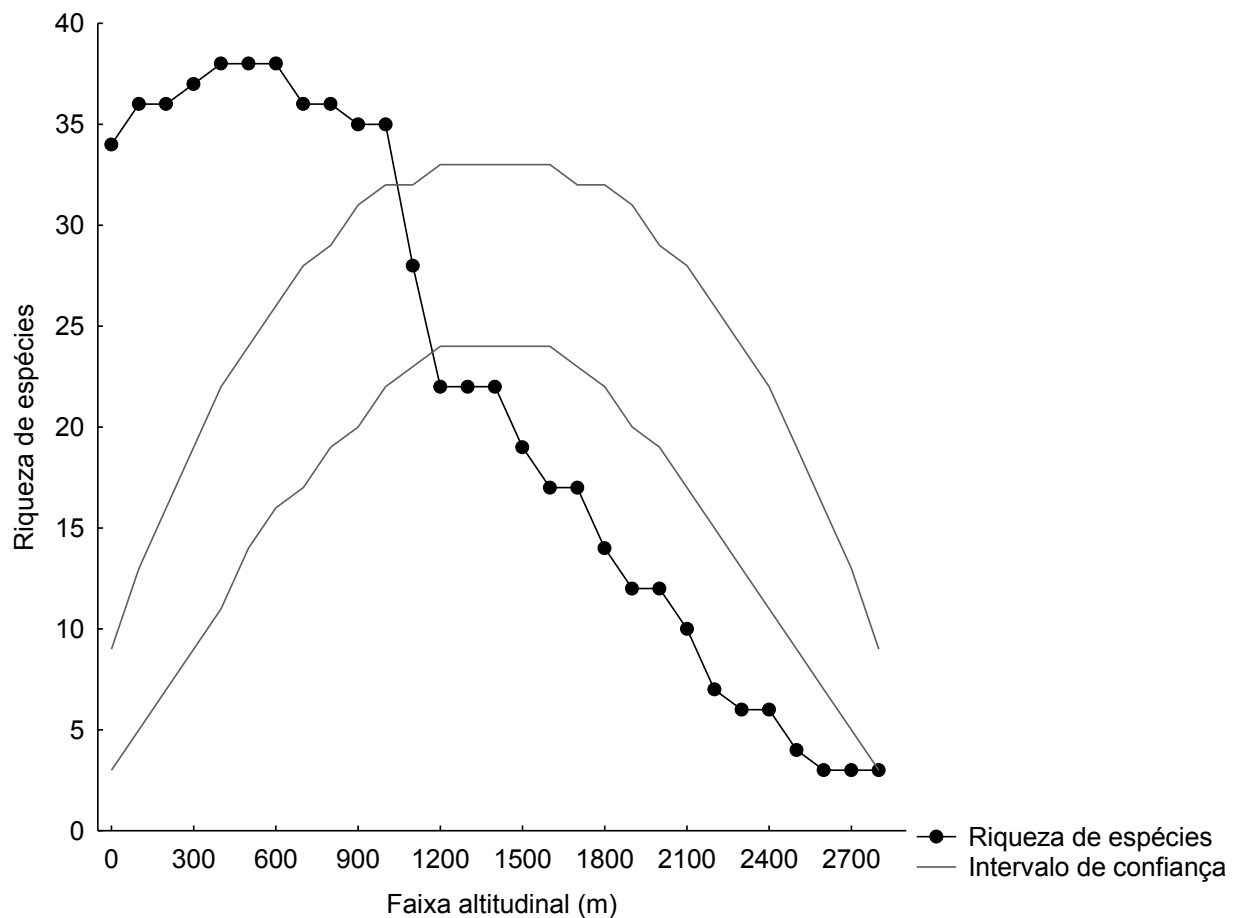
Figura 13 – Relação entre o ponto médio de distribuição altitudinal e a amplitude altitudinal média das espécies de beija-flores que ocorrem na Mata Atlântica.



Na análise do efeito do domínio médio, observamos a maior riqueza de espécies simulada de 100 a 800 m de altitude (36 a 38 espécies), sendo o valor máximo de riqueza observado entre 400 e 700 m de altitude (Figura 14). Constatamos alto ajuste entre a riqueza simulada e a riqueza observada ($R_s=0,99$; $N=29$; $P<0,05$).

As curvas do intervalo de confiança de 95% (50.000 simulações) mostraram maior riqueza nas altitudes intermediárias (entre 1.200 a 1.700 m de altitude). Entretanto, não observamos ajuste da curva de riqueza simulada ao modelo nulo (representado pelas curvas do intervalo de confiança; curva inferior $R_s=0,10$; $N=29$; $P=0,59$; e curva superior $R_s=0,09$; $N=29$; $P=0,63$), havendo grandes desvios positivos até 1.100 m de altitude e grandes desvios negativos de 1.200 m a 2.800 m de altitude (Figura 14).

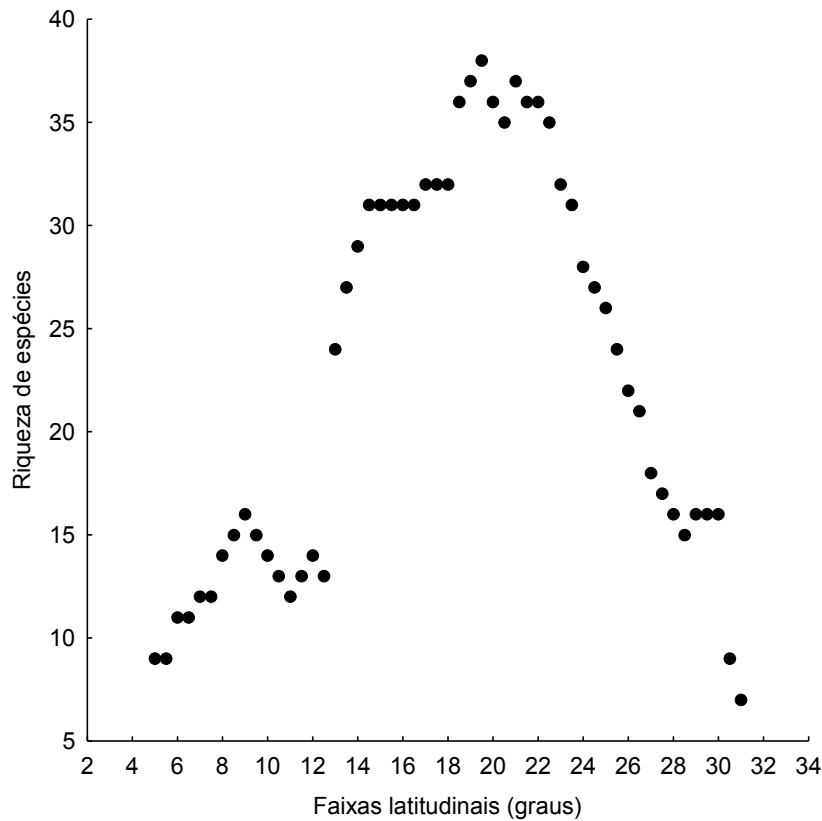
Figura 14 – Curva de riqueza de espécies de beija-flores ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica e curvas dos limites do intervalo de confiança de 95% do modelo nulo.



Nota: Cruvas de espécies e modelo nulo realizados no programa *Mid-domain Null* - McCain, 2004.

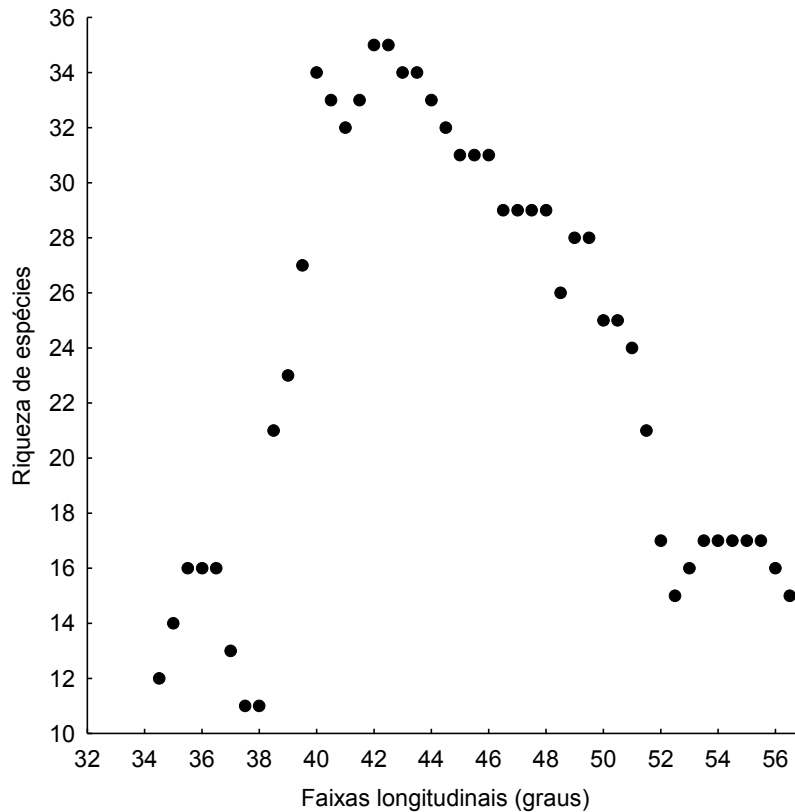
A riqueza de beija-flores da Mata Atlântica também variou ao longo das faixas latitudinais (de sete à 38 espécies), sendo a maior riqueza encontrada entre as faixas de 19°01” a 19°30” (Figura 15). Entre as faixas longitudinais, encontramos a riqueza de beija-flores variando de 11 a 35 espécies, sendo a maior riqueza encontrada entre as faixas de 42°01” a 42°30” e 42°31” a 43°00” (Figura 16). Houve correlação significativa entre as faixas latitudinais e a riqueza de beija-flores ($R_s = 0,32$; $N = 53$; $P = 0,02$), enquanto que para as faixas longitudinais não houve correlação significativa ($R_s = -0,03$; $N = 45$; $P = 0,83$).

Figura 15 – Relação entre a riqueza de beija-flores e as faixas latitudinais da Mata Atlântica.



Nota: As faixas de 0,5° de latitude representadas pelo valor inicial de cada faixa.

Figura 16 – Relação entre a riqueza de beija-flores e as faixas longitudinais da Mata Atlântica.



Nota: As faixas de 0,5° de longitude representadas pelo valor inicial de cada faixa.

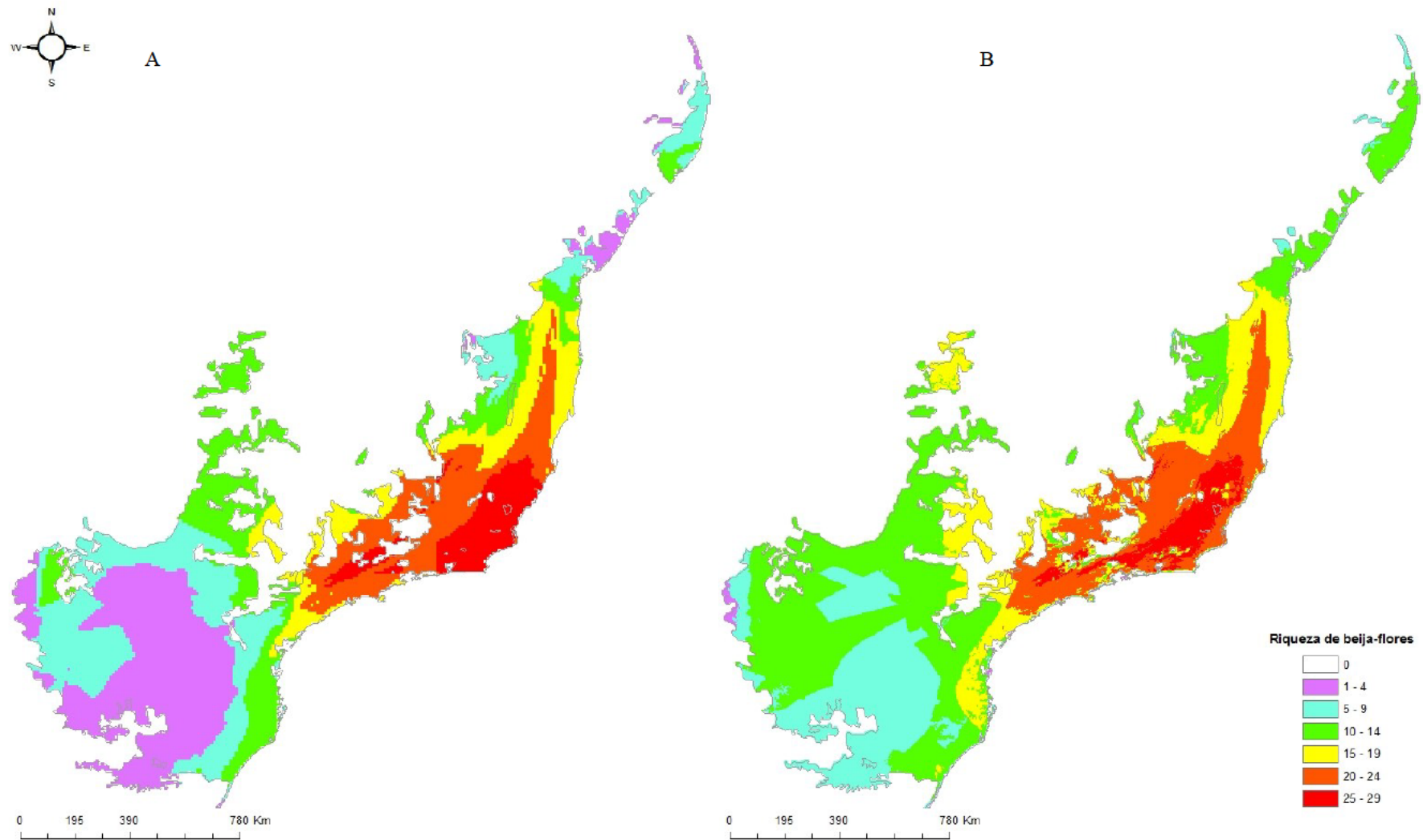
2.3.2 Análises espacialmente explícitas

Usamos os mapas digitais de distribuição de 43 espécies de beija-flores que ocorrem na Mata Atlântica, sendo 12 dessas espécies endêmicas desse bioma.

Observamos maior riqueza de beija-flores no sudeste do Brasil nos estados: do Rio de Janeiro (a partir da região oeste fluminense até o leste do estado), do Espírito Santo (da região oeste até região leste), em Minas Gerais (na Zona da Mata, região sul e sudoeste, Campos das Vertentes, região metropolitana e Vale do Rio Doce) e em São Paulo (Vale do Paraíba, Campinas e região macro metropolitana). Já para as espécies endêmicas de Mata Atlântica, observamos maior concentração de espécies na região leste do estado do Rio de Janeiro (microrregiões de Santo Antônio de Pádua, Itaperuna e Campo dos Goytacazes). Não observamos espécies endêmicas de beija-flores nas regiões: noroeste goiano, centro-sul goiana, oeste goiano; Triângulo mineiro, Alto Paranaíba mineiro, central e norte de Minas

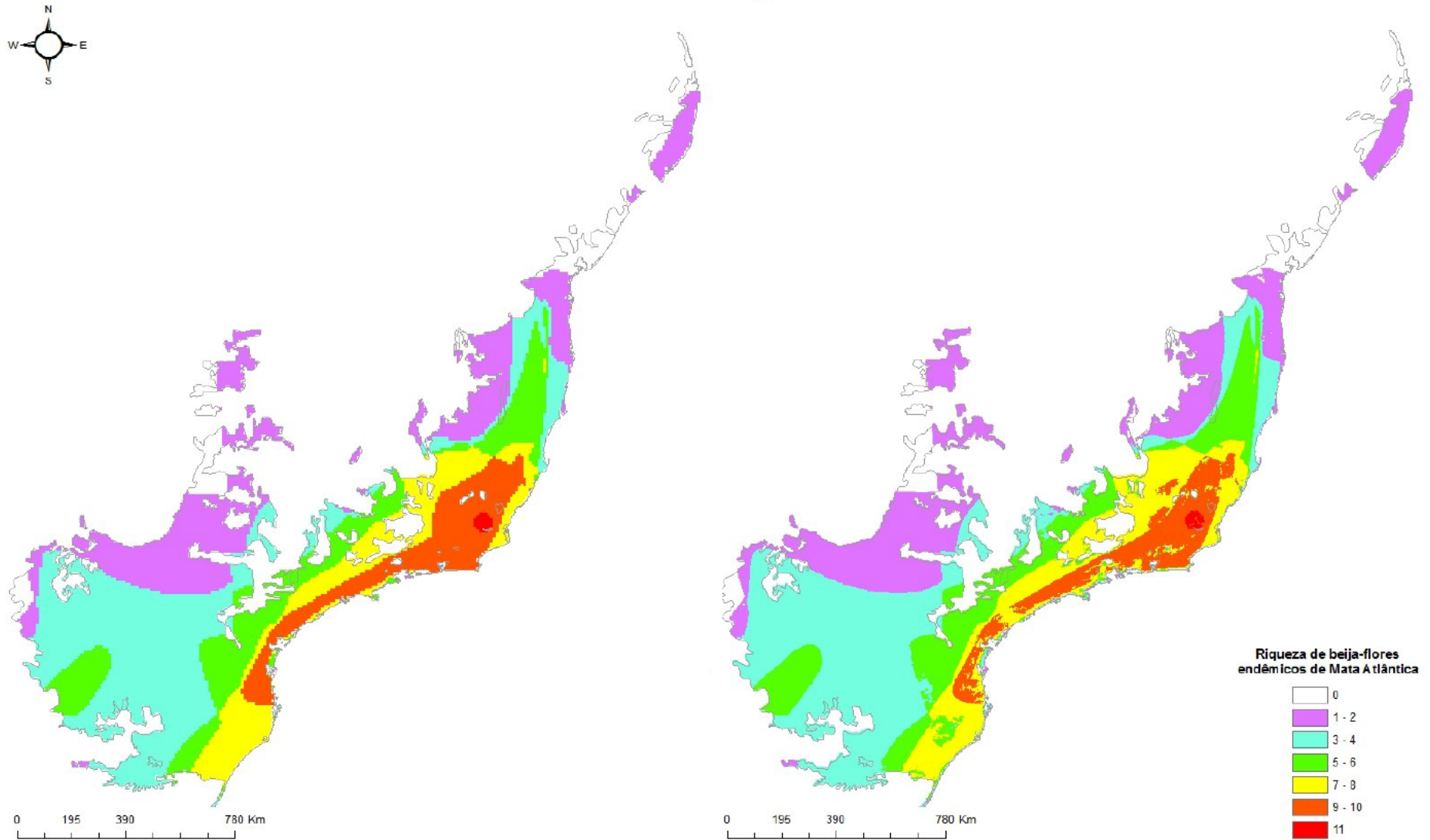
Gerais; São José do Rio Preto; noroeste e centro norte baiana, metropolitana de Salvador; leste, agreste e sertão sergipano; agreste pernambucano; Borborema e agreste paraibano; e leste potiguar. Visualmente, observamos pouca diferença entre a distribuição da riqueza simples e da riqueza altitudinal, tanto para todos os beija-flores da Mata Atlântica (Figura 17), como para os endêmicos (Figura 18). A diferença entre as riquezas simples e altitudinal, no entanto, foi estatisticamente significativa para todas as espécies de beija-flores ($T= 401.178$; $N= 5.000$, $P< 0,01$), bem como, para as endêmicas ($T= 67.350$; $N= 5.000$, $P< 0,01$).

Figura 17 – Distribuição da riqueza de beija-flores da Mata Atlântica.



Legenda: (A) mapa de distribuição simples; (B) mapa da distribuição altitudinal.

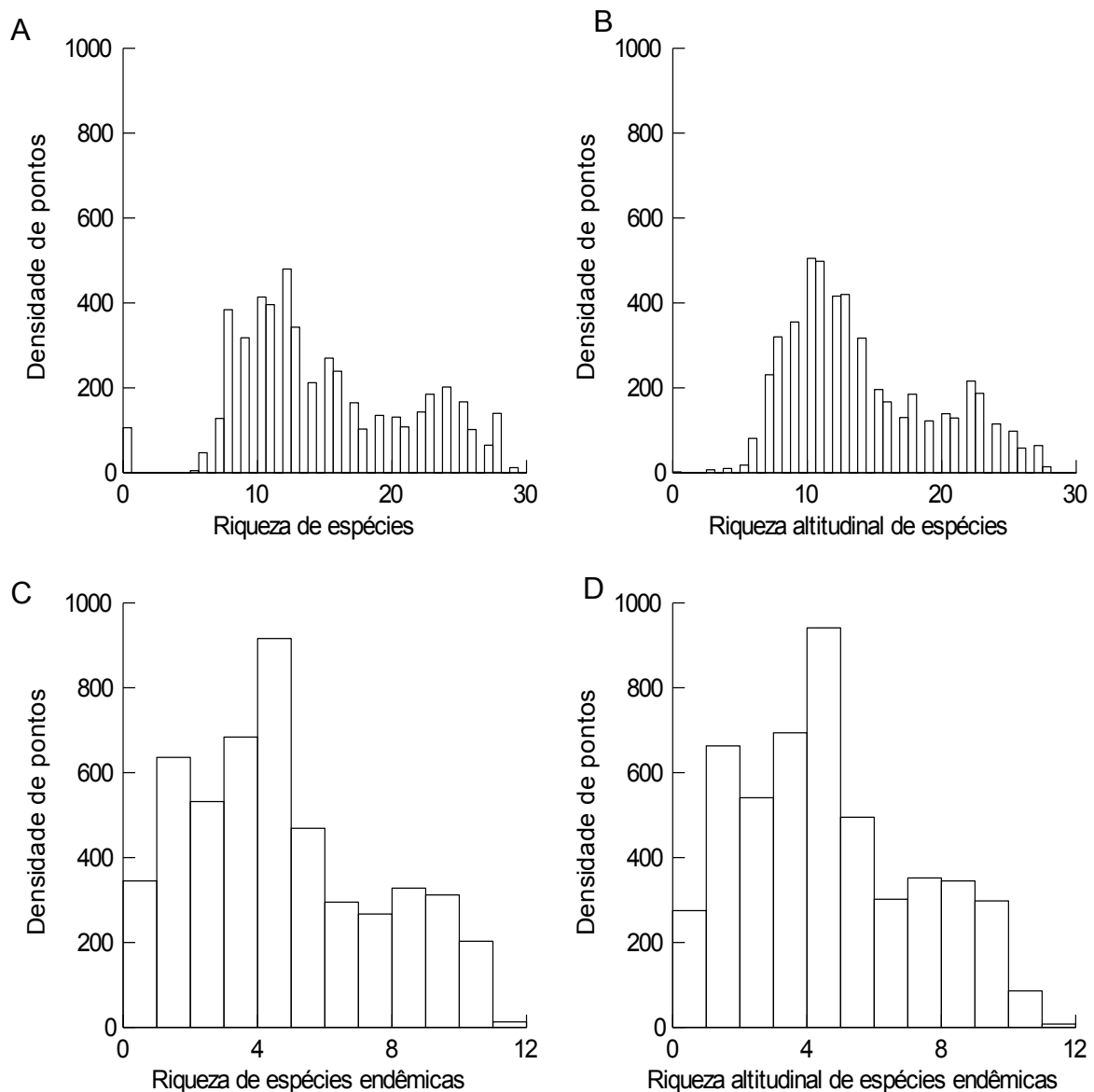
Figura 18 – Distribuição da riqueza de beija-flores endêmicos de Mata Atlântica:



Legenda: (A) mapa de distribuição simples; (B) mapa da distribuição altitudinal.

Os pontos de amostragem gerados sobre a Mata Atlântica abrangeram altitudes do nível do mar até 1.721 m. Nesse gradiente altitudinal, observamos uma variação de zero a 29 espécies de beija-flores e de zero a 11 espécies endêmicas (Figura 19). Encontramos correlação significativa entre as riquezas de beija-flores (simples e a riqueza altitudinal) e a altitude (Tabela 6). Porém, a análise de Dutilleul revelou autocorrelação espacial entre os 5.000 pontos amostrados na Mata Atlântica, com grande diminuição dos graus de liberdade. Com isso, as relações entre a riqueza de beija-flores (simples e altitudinal) e a altitude não foram estatisticamente significativas (Tabela 6).

Figura 19 – Distribuição da amostragem da riqueza de beija-flores da Mata Atlântica por meio dos pontos aleatoriamente distribuídos (N=5.000).



Legenda: (A) riqueza simples de todas as espécies. (B) riqueza altitudinal de todas as espécies. (C) riqueza simples de endêmicas. (D) riqueza altitudinal de endêmicas.

Tabela 6 – Correlações entre as riquezas de beija-flores e a altitude da Mata Atlântica amostrada por pontos aleatórios (N= 5.000) e por pontos ponderados pela área das faixas altitudinais.

	R_s	DF	P	DF corrigido	P corrigido
Pontos aleatoriamente distribuídos					
Riqueza simples	0,01	4.998	0,01	22,60	0,86
Riqueza simples endêmicas	0,21	4.998	< 0,01	37,34	0,23
Riqueza altitudinal	0,01	4.998	0,48	20,99	0,96
Riqueza altitudinal espécies Endêmicas	0,21	4.998	< 0,01	37,10	0,26
Pontos ponderados pela área das faixas altitudinais					
Riqueza simples	0,05	4.998	< 0,01	17,93	0,73
Riqueza simples endêmicas	0,27	4.998	< 0,01	30,24	0,12
Riqueza altitudinal	- 0,00	4.998	< 0,01	17,41	0,97
Riqueza altitudinal espécies Endêmicas	0,26	4.998	< 0,01	29,89	0,18

Legenda: Valores da correlação de Spearman (R_s), os graus de liberdade (DF) e os valores de probabilidade (P); graus de liberdade (DF corrigido) e os valores de probabilidade (P corrigido) corrigidos pela análise de Dutilleul; Valores de probabilidade estatisticamente significativos destacados em negrito.

Na amostragem com a quantidade de pontos ponderada pela área das faixas altitudinais (Tabela 7), encontramos variação altitudinal de zero até 2.231 m. A distribuição da riqueza simples e da riqueza altitudinal de beija-flores na Mata Atlântica foram estatisticamente diferentes quando consideramos todas as espécies de beija-flores (T= 295.029; N= 5.000; P< 0,01), bem como quando consideramos apenas as espécies endêmicas (T= 65.128; N= 5.000, P< 0,01).

Também, verificamos correlação significativa entre as riquezas de beija-flores (simples e a riqueza altitudinal) e a altitude e na amostragem ponderada pela área das faixas altitudinais (Tabela 6). Mas, quando consideramos a autocorrelação espacial (análise de Dutilleul) entre os 5.000 pontos amostrados, não encontramos relações estatisticamente significativas (Tabela 6).

Tabela 7 – Área das faixas altitudinais (de 100 m de altitude) da Mata Atlântica e número de pontos aleatórios utilizados nas análises ponderadas pela área das faixas altitudinais.

Faixa altitudinal (m)	Área de extensão (km²)	Número de pontos por faixa altitudinal
0-99	1,92 x 10 ²	1
100-199	1.051,60 x 10 ²	443
200-299	979,37 x 10 ²	413
300-399	1.418,10 x 10 ²	598
400-499	1.523,27 x 10 ²	642
500-599	1.328,02 x 10 ²	560
600-699	1.097,83 x 10 ²	463
700-799	978,46 x 10 ²	412
800-899	1.006,70 x 10 ²	424
900-999	1.090,41 x 10 ²	460
1.000-1.099	677,48 x 10 ²	286
1.100-1.199	352,94 x 10 ²	149
1.200-1.299	187,74 x 10 ²	79
1.300-1.399	91,65 x 10 ²	39
1.400-1.499	38,83 x 10 ²	16
1.500-1.599	18,33 x 10 ²	8
1.600-1.699	8,95 x 10 ²	4
1.700-1.799	4,99 x 10 ²	2
1.800-1.899	3,07 x 10 ²	1
1.900-1.999	1,51 x 10 ²	1
2.000-2.099	0,68 x 10 ²	0
2.100-2.199	0,18 x 10 ²	0
2.200-2.299	0,08 x 10 ²	0
2.300-2.800	0,11 x 10 ²	0

A análise dos 5.000 pontos de amostragem da temperatura e da precipitação ao longo da Mata Atlântica revelou variação da temperatura média anual de 11,8 a 26,1°C, da temperatura mínima do mês mais frio de 3,5 a 20,6°C e da temperatura máxima do mês mais quente de 20,7 a 33,9°C. A amplitude da precipitação anual variou de 432 a 3.461 mm, já a precipitação do mês mais seco variou de dois a 159 mm e a precipitação do mês mais úmido variou de 74 a 401 mm. Detectamos relações estatisticamente significativas e negativas entre as temperaturas (média, mínima do mês mais frio e máxima do mês mais quente) e a altitude e relação significativa e positiva entre a precipitação do mês mais úmido e a altitude. Observamos relações significativas mesmo com a correção da autocorrelação espacial entre os pontos amostrados (Tabela 8).

Tabela 8 – Correlações entre os parâmetros climáticos (temperatura e precipitação) e a altitude da Mata Atlântica.

	R_s	DF	P	DF corrigido	P corrigido
Temperatura média anual	- 0,70	4.998	< 0,01	30,63	< 0,01
Temperatura do mês mais frio	- 0,64	4.998	< 0,01	35,11	< 0,01
Temperatura do mês mais quente	- 0,75	4.998	< 0,01	31,92	< 0,01
Precipitação anual	0,20	4.998	< 0,01	32,61	0,27
Precipitação do mês mais seco	0,07	4.998	0,50	21,80	0,97
Precipitação do mês mais úmido	0,28	4.998	< 0,01	38,94	0,05

Legenda: Valores da correlação de Spearman (R_s), graus de liberdade (DF) e valores de probabilidade (P); graus de liberdade (DF corrigido) e os valores de probabilidade (P corrigido) corrigidos pela análise de Dutilleul; Valores de probabilidade estatisticamente significativos destacados em negrito.

Relacionamos os diferentes dados de riqueza de beija-flores (simples e altitudinal) com as medidas de temperatura (média anual, mínima do mês mais frio e máxima do mês mais quente) e encontramos relação significativa entre todas as correlações. Apenas a relação entre riqueza altitudinal de beija-flores e temperatura máxima não foi estatisticamente significativa. Porém, quando consideramos a autocorrelação espacial entre os 5.000 pontos amostrados, não observamos relações estatisticamente significativas entre as riquezas de beija-flores e a altitude (Tabela 9).

Também, encontramos relações significativas entre a riqueza altitudinal (simples e altitudinal potencial) de beija-flores e a precipitação (anual, do mês mais úmido e do mês mais seco). Mas, quando consideramos a autocorrelação espacial revelada pela análise de Dutilleul, essas relações não foram estatisticamente significativas (Tabela 9).

Tabela 9 – Correlações entre os parâmetros climáticos (temperatura e precipitação) e as riquezas de beija-flores da Mata Atlântica.

	R_s	DF	P	DF corrigido	P corrigido
Temperatura média anual (°C)					
Riqueza simples	0,29	4.998	< 0,01	8,48	0,52
Riqueza simples endêmicas	- 0,46	4.998	< 0,01	16,29	0,12
Riqueza altitudinal	0,30	4.998	< 0,01	7,73	0,47
Riqueza altitudinal das espécies endêmicas	- 0,46	4.998	< 0,01	16,08	0,12
Temperatura mínima do mês mais frio (°C)					
Riqueza simples	0,35	4.998	< 0,01	7,44	0,49
Riqueza simples endêmicas	-0,41	4.998	< 0,01	17,75	0,19
Riqueza altitudinal	0,36	4.998	< 0,01	6,57	0,45
Riqueza altitudinal das espécies endêmicas	- 0,42	4.998	< 0,01	17,49	0,18
Temperatura máxima mês mais quente (°C)					
Riqueza simples	- 0,02	4.998	< 0,01	15,16	0,84
Riqueza simples endêmicas	- 0,34	4.998	< 0,01	20,68	0,12
Riqueza altitudinal	- 0,03	4.998	0,070	14,56	0,92
Riqueza altitudinal das espécies endêmicas	- 0,33	4.998	< 0,001	20,44	0,14
Precipitação anual (mm)					
Riqueza simples	- 0,45	4.998	< 0,01	7,89	0,35
Riqueza simples endêmicas	0,21	4.998	< 0,01	17,07	0,51
Riqueza altitudinal	- 0,46	4.998	< 0,01	6,99	0,33
Riqueza altitudinal das espécies endêmicas	0,21	4.998	< 0,01	16,85	0,50
Precipitação do mês mais seco (mm)					
Riqueza simples	- 0,62	4.998	< 0,01	4,17	0,23
Riqueza simples endêmicas	0,19	4.998	< 0,01	10,29	0,84
Riqueza altitudinal	- 0,63	4.998	< 0,01	3,79	0,23
Riqueza altitudinal das espécies endêmicas	0,17	4.998	< 0,01	10,18	0,82
Precipitação do mês mais úmido (mm)					
Riqueza simples	0,36	4.998	< 0,01	10,25	0,23
Riqueza simples endêmicas	0,15	4.998	< 0,01	19,64	0,38
Riqueza altitudinal	0,37	4.998	< 0,01	9,79	0,24
Riqueza altitudinal das espécies endêmicas	0,15	4.998	< 0,01	19,45	0,38

Legenda: valores da correlação de Spearman (R_s), os graus de liberdade (DF) e os valores de probabilidade (P); bem como os graus de liberdade (DF corrigido) e os valores de probabilidade (P corrigido) corrigidos pela análise de Dutilleul; valores de probabilidade estatisticamente significativos destacados em negrito.

Houve variação dos parâmetros climáticos (temperatura e precipitação) e das riquezas de beija-flores ao longo de gradientes latitudinais e longitudinais. Observamos relações significativas entre todos os parâmetros climáticos e as faixas latitudinais, bem como entre a

riqueza de beija-flores e as faixas latitudinais (Tabela 10). No entanto, quando fizemos a correção da autocorrelação espacial encontramos relações significativas e negativas apenas entre temperatura média anual e entre a latitude e temperatura mínima do mês mais frio e a latitude. Com relação à longitude, não observamos relações estatisticamente significativas quando corrigimos a autocorrelação espacial dos pontos de amostragem (Tabela 10).

Tabela 10 – Correlações entre os parâmetros climáticos (temperatura em °C e precipitação em mm) e as faixas latitudinais ou longitudinais (de 5°) e entre as riquezas de beija-flores e as faixas latitudinais ou longitudinais da Mata Atlântica.

	R_s	DF	P	DF corrigido	P corrigido
Faixas latitudinais					
Temperatura média anual	- 0,72	4.998	< 0,01	7,57	0,03
Temperatura mínima do mês mais frio	- 0,77	4.998	< 0,01	4,67	0,04
Temperatura máxima mês mais quente	- 0,23	4.998	< 0,01	26,08	0,26
Precipitação anual	0,68	4.998	< 0,01	6,61	0,10
Precipitação do mês mais seco	0,77	4.998	< 0,01	5,57	0,09
Precipitação do mês mais úmido	- 0,15	4.998	< 0,01	31,39	0,59
Riqueza simples	- 0,53	4.998	< 0,01	6,68	0,42
Riqueza altitudinal	0,56	4.998	< 0,01	5,80	0,40
Riqueza simples endêmicas	0,35	4.998	< 0,01	17,92	0,13
Riqueza altitudinal endêmicas	- 0,36	4.998	< 0,01	17,55	0,12
Faixas longitudinais					
Temperatura média anual	0,33	4.998	< 0,01	5,93	0,36
Temperatura mínima do mês mais frio	0,51	4.998	< 0,01	3,71	0,20
Temperatura máxima mês mais quente	- 0,22	4.998	< 0,01	20,27	0,64
Precipitação anual	- 0,55	4.998	< 0,01	4,91	0,22
Precipitação do mês mais seco	- 0,52	4.998	< 0,01	3,70	0,32
Precipitação do mês mais úmido	0,10	4.998	< 0,01	17,38	0,67
Riqueza simples	0,64	4.998	< 0,01	3,91	0,24
Riqueza altitudinal	0,67	4.998	< 0,01	3,39	0,23
Riqueza simples endêmicas	0,11	4.998	< 0,01	12,17	0,61
Riqueza altitudinal endêmicas	0,11	4.998	< 0,01	11,98	0,65

Legenda: valores da correlação de Spearman (R_s), graus de liberdade (DF) e valores de probabilidade (P); graus de liberdade (DF corrigido) e valores de probabilidade (P corrigido) corrigidos pela análise de Dutilleul; valores de probabilidade estatisticamente significativos destacados em negrito.

Quando avaliamos os componentes ambientais e espaciais na variação da composição de beija-flores na Mata Atlântica, constatamos relação entre todas as variáveis ambientais e a composição de beija-flores (Tabela 11). Entretanto, não houve separação do efeito das variáveis ambientais (altitude, temperatura e precipitação) do efeito espacial. Quando avaliamos os mapas de distribuição simples das espécies, a partição de variância indicou que os fatores ambientais explicaram 47% da variação da composição das espécies, os componentes espaciais explicaram 84% e os fatores ambientais espacialmente estruturados explicaram 85% (coeficiente de determinação ajustado dos resíduos de 0,16). Encontramos resultado similar quando analisamos a distribuição altitudinal das espécies, sendo 47% da variação da composição das espécies explicada pelos componentes ambientais, 82% pelos componentes espaciais e 84% pelos componentes ambientais espacialmente estruturados (coeficiente de determinação ajustado dos resíduos de 0,16).

Tabela 11 – Variância das variáveis ambientais relacionadas à composição de beija-flores da Mata Atlântica.

Variáveis	R²	Adj R²	F	P
Altitude (m)	0,03	0,42	45,84	< 0,01
Temperatura média anual (°C)	0,08	0,39	127,51	< 0,01
Temperatura mínima do mês mais frio (°C)	0,11	0,32	160,46	< 0,01
Temperatura máxima do mês mais quente (°C)	0,02	0,44	27,83	< 0,01
Precipitação anual (mm)	0,02	0,47	41,31	< 0,01
Precipitação do mês mais seco (mm)	0,21	0,21	262,94	< 0,01
Precipitação do mês mais úmido (mm)	0,01	0,45	25,40	< 0,01

Legenda: coeficiente de determinação (R²), coeficiente de determinação ajustado (Adj R²), razão de F (F); valores de probabilidade (P, valores estatisticamente significativos destacados em negrito).

Em resumo, encontramos diferentes resultados para as análises espacialmente não explícitas e as espacialmente explícitas (Tabela 12). Nas primeiras, encontramos efeito da altitude na comunidade de beija-flores, enquanto que nas análises espacialmente explícitas, não conseguimos separar o efeito espacial dos componentes ambientais no nosso conjunto de

dados. Também, encontramos resultados que corroboram o efeito de Rapoport e não confirmam a ocorrência do efeito do domínio médio geométrico na distribuição dos beija-flores da Mata Atlântica quando realizamos as análises espacialmente não explícitas.

Tabela 12 – Resumo dos resultados das análises realizadas: espacialmente não explícitas e espacialmente explícitas.

	Altitude	Riqueza	Riqueza endêmicas	Latitude	Longitude
Não espacialmente explícitas					
Altitude					
Riqueza	SIM (-)				
Riqueza end.	SIM (-)				
Riqueza (área)	SIM (-)				
Riqueza end. (área)	SIM (-)				
Temperatura média anual	SIM (-)	SIM (+)	SIM (+)		
Temperatura máxima	SIM (-)	SIM (+)	SIM (+)		
Temperatura mínima	NÃO	SIM (+)	SIM (+)		
Precipitação anual	SIM (+)	SIM (-)	SIM (-)		
Precipitação máxima	SIM (+)	SIM (-)	SIM (-)		
Precipitação mínima	SIM (+)	NÃO	NÃO		
Latitude		SIM			
Longitude		SIM			
Espacialmente explícitas					
Altitude					
Riqueza simples	NÃO				
Riqueza simples end.	NÃO				
Riqueza altitudinal	NÃO	SIM			
Riqueza altitudinal end.	NÃO		SIM		
Riqueza (área)	NÃO				
Riqueza end. (área)	NÃO				
Temperatura média anual	SIM (-)	NÃO	NÃO	SIM (-)	NÃO
Temperatura máxima	SIM (-)	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Temperatura mínima	SIM (-)	NÃO	NÃO	SIM (-)	NÃO
Precipitação Anual	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Precipitação máxima	SIM (+)	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Precipitação mínima	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Latitude		NÃO	NÃO		
Longitude		NÃO	NÃO		

Legenda: Mostramos se houve (SIM) ou não (NÃO) relação entre as variáveis e, quando possível, informamos se a relação foi positiva (+) ou negativa (-). Indicamos a riqueza de todas as espécies de beija-flores (riqueza ou riqueza simples) e das espécies endêmicas (riqueza end.), relacionadas à altitude (riqueza altitudinal) ou à área das faixas altitudinais (área). Também, apresentamos as variáveis ambientais: temperatura média anual, máxima do mês mais quente, mínima do mês mais frio e a precipitação anual, do mês mais úmido e do mês mais seco.

2.4 Discussão

Nossos resultados mostram como as espécies de beija-flores se distribuem ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica, sendo registradas amplitudes altitudinais de distribuição maiores que 1.000 m de altitude para a maioria das espécies. Esse resultado não corrobora com o que é encontrado para a região tropical. Para esta região, frequentemente é encontrado que a amplitude altitudinal dos organismos tropicais é restrita (Janzen 1967; McCain 2009b; Siqueira 2012), corroborando com a hipótese de Janzen (1967). Esta hipótese propõe que as espécies, que evoluíram em áreas com clima mais uniforme (ou seja, as espécies tropicais), possuem uma restrita tolerância à variação de temperatura e um pequeno potencial de aclimação (McCain 2009b). Portanto, essas espécies teriam menor amplitude altitudinal e baixa habilidade de dispersão se comparadas às espécies de regiões temperadas (Janzen 1967). Assim, as montanhas tropicais representariam barreiras fisiológicas mais efetivas à dispersão das espécies se comparadas às montanhas em áreas temperadas com altitude equivalente, as quais possuem alta variabilidade de temperatura (Janzen 1967; Ghalambor et al. 2006; McCain 2009b). Entretanto, no presente estudo não relacionamos a amplitude altitudinal das espécies à variação latitudinal da Mata Atlântica.

A composição das espécies de beija-flores variou ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica. Encontramos as maiores similaridades na composição de espécies das faixas altitudinais mais próximas e as maiores taxas de mudanças na composição de espécies entre as altitudes mais baixas e as mais elevadas para ambos os conjuntos de espécies estudados (todas as espécies e as endêmicas de Mata Atlântica). Observamos a formação de quatro grupos de espécies de acordo com a altitude, sendo dois desses com aproximadamente 1.000 m de extensão (um do mar até 1.099 m e outro de 1.100 a 2.099 m de altitude) e dois grupos de extensão altitudinal de aproximadamente 300 m de altitude localizados em áreas mais elevadas (um de 2.100 m até 2.499 m e outro de 2.500 até 2.900 m de altitude). Entretanto, para as espécies endêmicas de beija-flores de Mata Atlântica, que corresponderam a 65% dos beija-flores endêmicos do Brasil, registramos a formação de três grupos, sendo um desses com mais de 2.000 m de extensão (do mar até 2.299 m de altitude) e dois grupos com extensão altitudinal de aproximadamente 300 m de altitude (um de 2.300 m até 2.599 m e outro de 2.600 até 2.900 m de altitude) localizados em áreas mais elevadas.

Essa mudança na composição ao longo de gradiente altitudinais também foi relatada por outros estudos realizados no Brasil, nos biomas Mata Atlântica (Scott and Brooke 1985;

Develey 2004; Mallet-Rodrigues et al. 2010) e Amazônia (Cintra and Naka 2012). Estudos em escalas continentais também verificaram os maiores valores de diversidade β em áreas montanhosas devido às diferenças entre a fauna das áreas de baixa e de elevada altitude (Herzog et al. 2005; Melo et al. 2009). Nas florestas tropicais, a mudança na composição de espécies de aves tem sido explicada por vários fatores, tais como: 1) a estrutura e complexidade da vegetação (Terborgh 1971; Terborgh 1977; Scott and Brooke 1985; Stotz et al. 1996; Goerk 1999; Develey 2004; Cintra and Naka 2012), 2) competição (Terborgh 1971; Navarro 1992), 3) disponibilidade de recursos (Terborgh 1977; Loiselle and Blake 1991), 4) proximidade de rios (), 5) condições biológicas (Terborgh 1971) e 6) eventos históricos (Stotz et al. 1996; Lomolino 2001; Hawkin et al. 2012). Na Mata Atlântica, a mudança na composição de espécies ao longo de gradientes altitudinais pode estar relacionada a: 1) substituição de espécies (Develey 2004; Mallet-Rodrigues et al. 2010), como por exemplo, registrado para o gênero *Phaethornis* na Serra dos Órgãos (Mallet-Rodrigues et al. 2010); 2) transição entre as florestas e os campos de altitude, que pode contribuir para uma maior riqueza de espécies no sudeste do Brasil (Holt 1928; Rajão and Cerqueira 2006; Mallet-Rodrigues et al. 2010); e 3) variação latitudinal na composição da avifauna (Sick 1997; Goerk 1999; Develey 2004), que combinada à variação altitudinal (Goerk 1999), à forte sazonalidade, à heterogeneidade de habitats e à diversidade de plantas, proporciona um alto nível de endemismos, principalmente, ao longo da costa brasileira (Cordeiro 2001; Carnaval and Mortiz 2008), como foi registrado para os Passeriformes endêmicos de Mata Atlântica (Cordeiro 2001).

Encontramos as maiores similaridades na composição das faixas altitudinais mais próximas e as maiores taxas de mudanças na composição de espécies entre as altitudes mais baixas e as mais elevadas. Observamos a formação de quatro grupos de espécies de acordo com a altitude, sendo dois desses com aproximadamente 1.000 m de extensão (um do mar até 1.100 m e outro de 1.100 a 2.100 m de altitude) e dois grupos de extensão altitudinal de aproximadamente 300 m de altitude localizados em áreas mais elevadas (um de 2.100 m até 2.500 m e outro de 2.500 até 2.900 m de altitude). Essa mudança na composição ao longo de gradiente altitudinais também foi relatada por outros estudos realizados no Brasil, nos biomas Mata Atlântica (Develey 2004; Mallet-Rodrigues et al. 2010) e Amazônia (Cintra and Naka 2012). Estudos em escalas continentais também verificaram os maiores valores de diversidade β em áreas montanhosas devido às diferenças entre a fauna das áreas de baixa e de elevada altitude (Herzog et al. 2005; Melo et al. 2009).

Nosso estudo revelou resultados contrastantes sobre a riqueza de beija-flores na Mata Atlântica quando comparamos os dois conjuntos de análises avaliadas (não espacialmente e espacialmente explícitas). Observamos efeito da altitude sobre a composição e a riqueza de beija-flores nas análises não espacialmente explícitas. Mas, não encontramos relação entre a altitude e a riqueza de beija-flores nas análises espacialmente explícitas.

Nas análises não espacialmente explícitas, encontramos relação entre a altitude e a riqueza de beija-flores da Mata Atlântica, havendo um aumento na riqueza de espécies até 699 m de altitude e, a partir dessa altitude, houve diminuição da riqueza com o aumento da altitude. Quando realizamos a correção da riqueza de espécies pela área de extensão das faixas altitudinais, encontramos um declínio linear na riqueza de beija-flores (representada pela razão entre a riqueza de espécies e o logaritmo da área das faixas) com o aumento da altitude. Essas tendências na distribuição da riqueza de aves já foram relatadas anteriormente em outros biomas (exemplos: Navarro 1992; Stevens 1992; Thiollay 1996; McCain 2009a), sendo, segundo McCain (2009a), os dois padrões mais comuns para florestas úmidas. No Brasil, onde foram realizados 10 estudos sobre a distribuição altitudinal de aves (Cavarzere and Silveira 2012), Mallet-Rodrigues et al. (2010) observaram riqueza constante de aves nas baixas altitudes com aumento em altitudes intermediárias em uma área na Mata Atlântica do sudeste do Brasil (Rio de Janeiro) e Melo-Júnior et al. (2001) encontraram declínio da riqueza de aves com o aumento da altitude em uma área de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado, em Minas Gerais.

A diminuição de espécies ao longo de gradientes altitudinais pode, por vezes, ser atribuída a problemas metodológicos relacionados ao efeito da área ao longo do gradiente e por diferenças no esforço amostral empregado nas diferentes altitudes (Rahbek 1995; McCain 2009a). Esses problemas não se aplicam ao nosso estudo, uma vez que avaliamos o efeito da área (que enfatizou a diminuição da riqueza de beija-flores ao longo do gradiente altitudinal) e porque usamos todas as faixas altitudinais para amostrar a riqueza de espécies, sem fazer amostragens nesse conjunto de dados. Entretanto, as áreas de ocorrência das espécies das áreas mais elevadas podem ter sido subestimadas porque alguns habitats da Mata Atlântica, como as florestas de neblina ainda são pouco conhecidas (Alves et al. 2009).

Encontramos relação significativa entre a riqueza de beija-flores e a área das faixas altitudinais, sendo que registramos a maior riqueza de espécies nas faixas altitudinais com maior área de extensão (de 300 à 699 m de altitude). Assim, nossos resultados podem ser associados à clássica relação espécie-área (MacArthur 1972), que frequentemente é usada

para explicar a maior riqueza de espécies nas áreas menos elevadas (Grytnes and McCain 2007) com maior área (Lomolino 2001; Kattan and Franco 2004; Grytnes and McCain 2007).

Também, observamos a relação da riqueza das espécies de beija-flores com a temperatura e a precipitação ao longo do gradiente altitudinal, o que está de acordo com a hipótese climática de distribuição da biodiversidade (Grytnes and McCain 2007). Estudos têm focado na influência das variáveis climáticas, como temperatura e umidade, na distribuição das espécies de aves (Hawkins et al. 2007; McCain 2009a) e outros animais (McCain 2007a, 2007b, 2010). Em um gradiente altitudinal, a temperatura diminui à medida que a altitude aumenta (Grytnes and McCain 2007; McCain and Grytnes 2010), mas, a precipitação varia consideravelmente entre as áreas montanhosas (McCain and Grytnes 2010). No entanto, os parâmetros climáticos estão relacionados tanto a gradientes altitudinais (Grytnes and McCain 2007; Hawkins et al. 2007; McCain 2009a; McCain and Grytnes 2010) como aos gradientes latitudinais e longitudinais (Blackburn and Gaston 1996; Rahbek and Graves 2001; McCain and Grytnes 2010).

Corroborando com os nossos resultados da área das faixas altitudinais e dos parâmetros climáticos, encontramos maior amplitude altitudinal média de espécies e maior ponto médio de ocorrência dos beija-flores de Mata Atlântica nas altitudes mais baixas. Portanto, esses resultados estão de acordo com a Regra de Rapoport. A diminuição da riqueza de espécies com o aumento da altitude está relacionada à vários fatores, como às constantes mudanças de parâmetros climáticos e ao efeito espécie-área (Stevens 1992; Almeida-Neto et al. 2006). Alguns estudos dão suporte ao efeito de Rapoport em gradientes altitudinais (Stevens 1992; Stotz et al. 1996; Almeida-Neto et al. 2006), enquanto que outros, não observaram esse efeito nos seus dados (Ruggiero and Lawton 1998; Navas 2006; Siqueira 2012).

A ausência do efeito do domínio médio nos nossos dados (nos quais encontramos maior riqueza de espécies nas altitudes menos elevadas) prediz que a distribuição altitudinal dos beija-flores da Mata Atlântica não ocorreu ao acaso. Resultados similares a esse (ausência de efeito) foram encontrados em alguns estudos que avaliaram a distribuição de aves (Diniz-Filho et al. 2002; Hawkins and Diniz-Filho 2002; Cavarzere and Silveira 2012) e de outros animais (Dunn et al. 2007; McCain 2007a, 2007b; McCain 2010; Siqueira 2012). Cavarzere and Silveira (2012) avaliaram 10 estudos realizados em gradientes altitudinais brasileiros e revelaram que embora tenha sido proposto que o efeito do domínio médio seja positivamente associado à diversidade altitudinal de aves, isso não foi encontrado para espécies de aves na Mata Atlântica.

Encontramos ainda diferenças na riqueza de beija-flores no gradiente latitudinal e longitudinal da Mata Atlântica, indicando que outros fatores, além da altitude, podem estar agindo para definir a diversidade de beija-flores nesse bioma. De acordo com Stotz et al. (1996), a interação entre a latitude e as formações vegetais na distribuição das espécies de aves dificulta a definição dos limites altitudinais das aves do sudeste do Brasil.

Nas análises espacialmente explícitas, encontramos maior riqueza de espécies na região sudeste do Brasil, o que coincide com a localização de 49 das Áreas Importantes para a Conservação de Aves (IBAS da sigla em inglês) na região sudeste (Bencke et al. 2006). Nessa região, principalmente na Serra do Mar, encontramos algumas das áreas de maior riqueza de beija-flor (Bencke et al. 2006). Essa Serra faz parte de uma das mais bem definidas áreas de endemismos de aves da América do Sul (Cracraft 1985), sendo, também, a área com maior concentração de espécies de aves ameaçadas de extinção no Brasil (Jenkins et al. 2011). Porém, não encontramos relação entre a riqueza de beija-flores e qualquer uma das variáveis ambientais testadas (altitude, temperatura, precipitação, latitude e longitude) quando levamos em consideração a autocorrelação espacial dos 5.000 pontos amostrados. Assim como registrado para a análise do gradiente latitudinal no estudo de Romdal and Grytnes 2007, o entorno influenciou o conjunto regional de espécies, o que ficou evidente no nosso estudo pela autocorrelação das nossas amostras e por não conseguirmos separar os componentes ambientais e espaciais. Entretanto, não avaliamos a heterogeneidade de habitats, que pode influenciar a distribuição das espécies (Blackburn and Gaston 1996; Cordeiro 2001; Carnaval and Mortiz 2008).

O fato de não encontrarmos efeito da altitude, pode estar relacionado, também, à variação altitudinal da Mata Atlântica, que é pequena se comparada aos Andes, que é o local de maior diversificação da família Trochilidae (Del Hoyo et al. 1999). Dessa forma, a variação altitudinal da Mata Atlântica pode exercer uma baixa influência sobre a distribuição dos beija-flores (Rahbek and Graves 2000).

Outra explicação para esse resultado contrastante entre nossas análises pode ser a influência de outros fatores na distribuição de espécies, como a latitude e longitude. Esses dois fatores são indiretos e estão relacionados à hipótese climática de distribuição da biodiversidade (Grytnes and McCain 2007). O efeito da latitude e longitude sobre a riqueza de espécies foi abordado em vários estudos (exemplos: MacArthur and Wilson 1967; Tramer 1974; Cotgreave and Harvey 1994; Blackburn and Gaston 1996; Rahbek and Graves 2000, 2001; Abrahamczyk and Kessler 2010), sendo que alguns encontraram a latitude afetando a riqueza de espécies ao longo de gradientes altitudinais (Brown 1999; Rahbek and Graves

2000, 2001; Willing et al. 2003). Além disso, outros estudos relataram a possibilidade de efeitos combinados entre a latitude e a altitude (Lees et al. 1999; Leite 2006), de modo que o efeito de um gradiente possa minimizar o efeito do outro, aumentando a riqueza de espécies onde ela deveria ser baixa (Leite 2006). De acordo com Alves et al. (2010), a latitude nas regiões tropicais, relacionada ao clima da região e a descontinuidade edáficas a curtas distâncias devido à topografia íngreme, pode gerar variação no microclima ao longo de gradientes ambientais curtos. As interações desses fatores podem ter dificultado a observação do efeito da altitude na comunidade de beija-flores.

Em uma análise macroecológica dos beija-flores na América do Sul, a riqueza de espécies esteve relacionada tanto com a altitude como com a latitude (Rahbek and Graves 2000), o que pode ter ocorrido nos nossos dados, dificultando a interpretação dos nossos resultados ou mascarando o efeito da altitude na riqueza de beija-flores. A associação entre a altitude e latitude na distribuição da riqueza também foi registrada em um estudo que utilizou modelagens de distribuição de aves para avaliar o padrão de riqueza de espécies na América do Sul (Rahbek and Graves 2001). Os resultados desse estudo mostraram que a latitude foi um preditor de riqueza dominante à altitude (Rahbek and Graves 2001).

Outros fatores, que influenciam a riqueza de espécies em gradientes ambientais, podem ser responsáveis pela variação que observamos nos nossos dados, como heterogeneidade de habitats (Blackburn and Gaston 1996), fatores históricos (Rahbek and Graves 2000; Hawkins and Diniz-Filho 2006; Diniz-Filho et al. 2007; Grytnes and McCain 2007; McCain 2009a; Hawkins et al. 2012) e fatores bióticos (Abrahamczyk and Kessler 2010). Por exemplo, Abrahamczyk and Kessler (2010) encontraram forte correlação da diversidade e abundância local de beija-flores com a abundância sazonal de flores e fraca correlação da diversidade de beija-flores com a diversidade de flores em um gradiente latitudinal. Mas, as causas que determinam o padrão de riqueza regional de espécies ainda permanecem em debate (Rahbek and Graves 2001; Hawkins et al. 2007; Abrahamczyk and Kessler 2010). Além disso, ainda existe o desafio de relacionar os padrões locais na riqueza de espécies com os padrões regionais, incluindo os fatores bióticos e abióticos associados à riqueza (Abrahamczyk and Kessler 2010).

Nossos resultados mostraram a complexidade de se avaliar o efeito da altitude na distribuição de beija-flores da Mata Atlântica, em escala regional devido ao efeito do componente espacial (latitude e longitude) e à autocorrelação espacial dos pontos de amostragem. Esse complexo gradiente, provavelmente, foi influenciado por uma série de fatores diretos (abióticos, bióticos e históricos) e por gradientes indiretos (latitudinal e

longitudinal). Assim, para entendermos melhor o complexo efeito da altitude na comunidade de beija-flores da Mata Atlântica, devemos considerar e testar múltiplos fatores na distribuição das espécies. Também, devemos aliar estudos em escala regional com estudos em escala local, obtendo dados sobre a riqueza, a composição e a abundância das espécies. As análises locais poderão nos ajudar a entender melhor a distribuição das espécies de aves em toda a Mata Atlântica e, com um melhor conhecimento sobre os distintos componentes desse sistema, poderemos entender melhor a distribuição da biodiversidade global.

REFERÊNCIAS

- Abrahameczyk S, Kessler M. 2010. Hummingbird diversity, food niche characters, and assemblage composition along a latitudinal precipitation gradient in the Bolivian lowlands. *Journal of Ornithology*. 151:615-625.
- Almeida-Neto M, Machado G, Pinto-da-Rocha R, Giaretta AA. 2006. Harvestman (Arachnida: Opiliones) species distribution along three Neotropical elevational gradients: an alternative rescue effect to explain Rapoport's rule? *Journal of Biogeography*. 33(2):361-375.
- Alves LF, Vieira SA, Scaranello MA, Camargo PB, Santos FAM, Jou CA, Martinelli LA. 2010. Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). *Forest Ecology and Management*. 206(5):679-691.
- Alves MAS, Jenkins CN, Pimm SL, Storni A, Raposo MA, Brooke ML, Harris G, Foster A. 2009. Birds, Montane forest, State of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. *Check List*. 5(2): 289-299.
- Austin MP, Cunningham RB, Fleming PM. 1984. New approaches to direct gradient analysis using environmental scalars and statistical curve-fitting procedures. *Vegetatio*. 55:11-27.
- Begon M, Townsend CR, Harper JL. 2007. *Ecologia: de Indivíduos a ecossistemas*. 4th ed. Porto Alegre (RS): Artmed. 740 p.
- Bencke GA, Kindel A. 1999. Bird count along an altitudinal gradient of Atlantic Forest in northeastern Rio Grande do Sul, Brazil. *Ararajuba*. 7(2):91-107.
- Bencke GA, Maurício GN, Develey PF, Goerck JM. 2006. *Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil: Parte I - Estados do domínio da Mata Atlântica*. São Paulo (SP): SAVE Brasil. 494 p.
- Blackburn TM, Gaston KJ. 1996. Spatial Patterns in the Species Richness of Birds in the New World. *Ecography*. 19(4):369-376.
- Blanchet FG, Legendre P, Borcard D. 2008. Forward selection of explanatory variables. *Ecology*. 89:2623-2632.
- Borcard D, Gillet F, Legendre P. 2011. *Numerical ecology with R*. New York (NY): Springer. 306 p.

- Brown JH. 1999. From geographical ecology to macroecology. *Journal of Mammalogy*. 80(2):333-344.
- Brown JH. 2001. Mammals on mountainsides: elevational patterns of diversity. *Global Ecology & Biogeography*. 10:101-109.
- Brown JH, Bowers MA. 1985. Community organization in hummingbirds: relationships between morphology and ecology. *Auk* 102:251-269.
- Brown JH, Kodric-Brown A. 1977. Turnover rates in insular biogeography: effect of immigration on extinction. *Ecology*. 58(2):445-449.
- Brown JH, Lomolino M. 2006. *Biogeografia*. 2nd ed. São Paulo (SP): FUNDEC. 691 p.
- Buzzetti DRC. 2000. Distribuição altitudinal de aves em Angra dos Reis e Parati, sul do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: Alves MAS, Silva JMC, van Sluys, M, Bergallo HG, Rocha CFD, editors. *A Ornitologia no Brasil: pesquisa atual e perspectivas*. Rio de Janeiro (RJ): Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. p 131-148.
- Carnaval AC, Mortiz C. 2008. Historical climate modelling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. *Journal of Biogeography*. 35:1187-1201.
- Cavarzere VA. Distribuição das aves ao longo de um gradiente altitudinal na Serra do Mar do Estado de São Paulo, Brasil [dissertação]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 2010.
- Cavarzere V, Silveira LF. 2012. Bird species diversity in the Atlantic Forest of Brazil is not explained by the mid-domain effect. *Zoologia*. 29(4):285-292.
- [CBRO] Comitê brasileiro de registros ornitológicos. 2011. Lista das aves do Brasil. [Internet]. São Paulo (SP): Comitê brasileiro de registros ornitológicos; [cited 2011 Jan 25]. Available from: <http://www.cbro.org.br>
- Cintra R, Naka LN. 2012. Spatial variation in bird community composition in relation to topographic gradient and forest heterogeneity in a central Amazonian Rainforest. *International Journal of Ecology*. [internet]. [2011Jul. 08]; 2012:1-25. Available from: <http://www.hindawi.com/journals/ijeco/2012/435671/>
- Colwell RK. 2006. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples [Internet]. Version 8. [cited 2009 Jul 20]. Available from: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS/>
- Colwell RK, Hurtt GC. 1994. Nonbiological gradients in species diversity and a spurious Rapoport effect. *The American Naturalist*. 144(4):570-595.
- Colwell RK, Lees DC. 2000. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends in Ecology and Evolution*. 15(2):70-76.
- Colwell RK, Rahbek C, Gotelli NJ. 2004. The mid-domain effect and species richness patterns: what have we learned so far? *The American Naturalist*. 163(3):1-23.
- Cordeiro PHC. 2001. Aerografia dos Passeriformes endêmicos da Mata Atlântica. *Ararajuba*. 9(2):125-137.
- Costa DP, Lima FM. 2005. Moss diversity in the tropical rainforests of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*. 28(4):671-685.
- Cotgreave P, Harvey P. 1994. Associations among biogeography, phylogeny and bird species diversity. *Biodiversity Letters*. 2(2):46-55.

- Cracraft J. 1985. Historical biogeography and patterns of differentiation within the South American Avifauna: areas of endemism. *Ornithological Monographs*. 36:49-84.
- Del Hoyo J, Elliot A, Sargatal J, editors. 1999. *Handbook of the birds of the World: Barn-owls to Hummingbirds*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 759 p.
- Develey PF. 2004. As aves da Estação Ecológica Juréia-Itatins. In: Marques OAV, Duleba W, editors. *A Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna*. Ribeirão Preto (SP): Holos. p 278-295
- Diniz-Filho JAF, Sant'Ana MC, Rangel TFLVB. 2002. Null models and spatial patterns of species richness in South American birds of prey. *Ecology Letters*. 5:47-55.
- Diniz-Filho JAF, Rangel TFLVB, Bini LM, Hawkins BA. 2007. Macroevolutionary dynamics in environmental space and the latitudinal diversity gradient in New World birds. *Proceedings of the Royal Society B*. 274:43-52.
- Dray S, Dufour AB. 2007. The ade4 Package: Implementing the Duality Diagrams for ecologists. *Journal of statistical software*. 22:1-20.
- Dray S, Legendre P, Blanchet G. 2011. Packfor: Forward Selection with permutation (Canoco p.46). R package version 0.0-8/r100. <http://R-Forge.R-project.org/projects/sedar/>
- Dray S, Péliissier R, Couteron P, Fortin MJ, Legendre P, Peres-Neto PR, Bellier E, Bivand R, Blanchet FG, de Cáceres M, Dufour AB, Heegaard E, Jombart T, Munoz F, Oksanen J, Thioulouse J, Wagner HH. 2012. Community ecology in the age of multivariate multiscale spatial analysis. *Ecological monographs*. 82:257-275.
- Dunn RR, McCain CM, Sanders NJ. 2007. When does diversity fit null model predictions? Scale and range size mediate the mid-domain effect. *Global Ecology & Biogeography*. 16:305-312.
- Dutilleul P, Clifford P, Richardson S, Hemon D. 1993. Modifying the t test for assessing the correlation between two spatial processes. *Biometrics*. 49(1):305-314.
- [ESRI] Environmental Systems Resource Institute. 2009. ArcMap 9.3. Redlands (CA): ESRI Inc.
- Faria AP. 2005. Classificação de montanhas pela altura. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 6(2):21-28.
- Fávaro FL, Anjos L, Lopes EV, Mendonça LB, Volpato GH. 2006. Efeito do gradiente altitudinal/latitudinal sobre espécies de aves florestais da família Furnariidae na Bacia do Rio Tibagi, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 23:261-266.
- Gaston KJ. 2003. *The structure and dynamics of geographic ranges*. Oxford (UK): Oxford University Press. 280 p.
- [GDAM] Global Administrative Areas. 2012. [Internet]. Global Administrative Areas version 2.0. Berkeley (CA): University of Berkeley, Museum of Vertebrate Zoology and the International Rice Research Institute; [cited 2013 Sep 16]. Available from: <http://www.gadm.org/home>
- Ghalambor CK, Huey RB, Martin PR, Tewksbury JJ, Wang G. 2006. Are mountain passes higher in the tropics? Janzen's hypothesis revisited. *Integrative & Comparative Biology*. 46(1):5-17.

- Goerck JM. 1999. Distribution of birds along an elevational gradient in the Atlantic Forest of Brazil: implications for the conservation of endemic and endangered species. *Bird Conservation International*. 9:235-253.
- Grantsau R. 1989. *Os beija-flores do Brasil*. Rio de Janeiro (RJ): Expressão e Cultura. 233 p.
- Grytnes JA, McCain CM. 2007. Elevational trends in biodiversity [Internet]. In: Levin SA, editor. *Encyclopedia of Biodiversity*. Amsterdam (North Holland): Elsevier Inc.; [cited 2010 Sep 15]. p 1-8. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/sci-hub.org/doi/10.1002/9780470015902.a0022548/pdf>
- Grytnes JA, Vetaas OR. 2002. Species richness and altitude: a comparison between simulation models and interpolated plant species richness along the Himalayan altitudinal gradient, Nepal. *The American Naturalist*. 159(3):294-304.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* [Internet]. [2001 May 13]; 4(1):1-9. Available from: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Hawkins BA, Diniz-Filho JA. F. 2002. The mid-domain effect cannot explain the diversity gradient of Nearctic birds. *Global Ecology and Biogeography*. 11:419-426.
- Hawkins BA, Diniz-Filho JAF. 2006. Beyond Rapoport's rule: evaluating range size patterns of New World birds in a two-dimensional framework. *Global Ecology and Biogeography*. 15:461-469.
- Hawkins BA, Diniz-Filho JAF, Jaramillo CA, Soeller SA. 2007. Climate, niche conservatism, and the global bird diversity gradient. *The American Naturalist*. 170(S):16-27.
- Hawkins BA, McCain CM, Davies TJ, Buckley LB, Anacker BL, Cornell HV, Damschen EI, Grytnes JA, Harrison S, Holt RD, Kraft NJB, Stephens PR. 2012. Different evolutionary histories underlie congruent species richness gradients of birds and mammals. *Journal of Biogeography*. 39:825-841.
- Herzog SK, Kessler M, Bach K. 2005. The elevational gradient in Andean bird species richness at the local scale: a foothill peak and a high-elevation plateau. *Ecography*. 28(2):209-222.
- Hijman RJ, Camero SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 25:1965-1978.
- Holt EG. 1928. An ornithological survey of the Serra do Itatiaya, Brazil. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 57:251-326.
- [IBGE] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2005. [Internet]. Malha municipal digital. Brasília (DF): IBGE; [cited 2010 Sep 18] Available from: <http://www.ibge.gov.br>
- Janzen DH. 1967. Why mountain passes are higher in the tropics. *The American Naturalist*. 113(1): 81-101.
- Jenkins CN, Alves MAS, Pimm SL. 2011. How Conservation GIS Leads to Rio de Janeiro, Brazil. *Natureza & Conservação*. 9(2):152-159.
- Jetz W, Rahbek C. 2001. Geometric constraints explain much of the species richness pattern in African birds. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 98(10):5661-5666.
- Kattan GH, Franco P. 2004. Bird diversity along elevational gradients in the Andes of Colombia: area and mass effects. *Global Ecology and Biogeography*. 13:451-458.

- Legendre P, Legendre L. 1998. Numerical ecology. 2nd ed. Amsterdam (NH): Elsevier Science. 853 p.
- Lees DC, Kremer C, Andriamampianina L. 1999. A null model for species richness gradients: bounded range overlap of butterflies and other rainforest endemics in Madagascar. *Biological Journal of the Linnean Society*. 67(4):529-584.
- Legendre P, Borcard D, Roberts DW. 2012. Variation partitioning involving orthogonal spatial eigenfunction submodels. *Ecology*. 93:1234-1240.
- Leite LO. Análise de endemismo, variação geográfica e distribuição potencial das aves endêmicas do Cerrado [tese]. Brasília: Universidade de Brasília; 2006.
- Loiselle BA, Blake JG. 1991. Temporal variation in birds and fruits along an elevational gradient in Costa-Rica. *Ecology*. 72(1):180-193.
- Lomolino MV. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography*. 10: 3-13.
- MacArthur RH. 1972. *Geographical Ecology*. New York (NY): Harper and Rowe Publishers. 269 p.
- MacArthur RH, Wilson EO. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. New Jersey (NJ): Princeton University Press. 203 p.
- Mallet-Rodrigues F, Parrini R, Pimentel LMS, Bessa R. 2010. Altitudinal distribution of birds in a mountainous region in southeastern Brazil. *Zoologia*. 27(4):503–522.
- Marini MA, Garcia FI. 2005. Conservação de Aves no Brasil. *Megadiversidade*. 1(1):95-102.
- McCain CM. 2004. The mid-domain effect applied to elevational gradients: species diversity of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography*. 31(1):19-31.
- McCain CM. 2005. Elevational gradients in diversity of small mammals. *Ecology*. 86(2):366-372.
- McCain CM. 2007a. Could temperature and water availability drive elevational species richness? A global case study for bats. *Global Ecology and Biogeography*. 16:1-13.
- McCain CM. 2007b. Area and mammalian elevational diversity. *Ecology*. 88(1):76-86.
- McCain CM. 2009a. Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*. 18:346-360.
- McCain CM. 2009b. Vertebrate range sizes indicate that mountains may be higher in the tropics. *Ecology Letters*. 12:550-560.
- McCain CM. 2010. Global analysis of reptile elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*. 19:541-553.
- McCain CM, Grytnes JA. 2010. Elevational Gradients in Species Richness. *Encyclopedia of Life Sciences* [Internet]. Chichester (UK): John Wiley & Sons Ltd. [cited 2010 Sep 15]. 10p. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470015902.a0022548/pdf>
- McCune B, Grace JB. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. Lincoln (OR): MJM Software. 300p.
- Melo AS, Rangel TFLVB, Diniz-Filho JAF. 2009. Environmental drivers of beta-diversity patterns in New-World birds and mammals. *Ecography*. 32:226-236.

- Melo-Júnior TA, Vasconcelos MF, Fernandes GW, Marini MA. 2001. Bird species distribution and conservation in Serra do Cipó, Minas Gerais, Brazil. *Bird Conservation International*. 11:189-204.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403:853-858.
- Navarro SAG. 1992. Altitudinal distribution of birds in the Sierra Madre del Sur, Guerrero, Mexico. *The Condor*. 94(1):29-39.
- Navas CA. 2006. Patterns of distribution of anurans in high Andean tropical elevations: insights from integrating biogeography and evolutionary physiology. *Integrative and Comparative Biology*. 46(1):82-91.
- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Wagner H. 2012. *Vegan (Community Ecology Package)*. R package version 2.0-3. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oliveira-Filho, AT, Fontes MAL. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica*. 32(4b):793-810.
- Olson DM, Dinerstein E, Wikramanayake ED, Burgess ND, Powell GVN, Underwood EC, D'Amico JA, Itoua I, Strand HE, Morrison JC, Loucks CJ, Allnutt TF, Ricketts TH, Kura Y, Lamoreux JF, Wettengel WW, Hedao P, Kassem KR. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. *Bioscience*. 51(11):933-938.
- [R Development] R Development Core Team. 2013. *R: A language and environment for statistical computing* [Internet]. Vienna (Austria): R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0. Available from: <http://www.R-project.org>
- Rahbek C. 1995. Elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography*. 18(2):200-205.
- Rahbek C. 1997. The relationship among area, elevation, and regional species richness in Neotropical birds. *The American Naturalist*. 149(5):875-902.
- Rahbek C, Graves GR. 2000. Detection of macro-ecological patterns in South American humming birds is affected by spatial scale. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*. 267:2259-2265.
- Rahbek C, Graves, GR. 2001. Multiscale assessment of patterns of avian species richness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 98(8):4534-4539.
- Rajão H, Cerqueira R. 2006. Distribuição altitudinal e simpatria das aves do gênero *Drymophila* Swainson (Passeriformes, Thamnophilidae) na Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Zoologia*. 23(3):597-607.
- Rangel TF, Diniz-Filho JAF, Bini LM. 2010. SAM: a comprehensive application for spatial analysis in macroecology. *Ecography*. 33:46-50.
- Rangel TF, Diniz-Filho JAF. 2004. Worldwide patterns in species richness of Falconiformes: analytical null models, geometric constraints, and the mid-domain effect. *Brazilian Journal of Biology*. 64(2):299-308.
- Rapoport EH. 1982. *Aerography: geographical strategies of species*. Oxford (UK): Pergamon Press. 269p.
- Ridgely RS, Allnutt TF, Brooks T, McNicol DK, Mehlman DW, Young BE, Zook JR. 2007. *Digital distribution maps of the birds of the western hemisphere* [Internet]. Version 3.0.

- Arlington (VA): NatureServe. Available from:
<http://www.natureserve.org/getData/animalData.jsp>
- Rohde K, Heap M, Heap D. 1993. Rapoport's rule does not apply to marine teleosts and cannot explain latitudinal gradients in species richness. *The American Naturalist* 142(1):1-16.
- Romdal TS, Grytnes JA. 2007. An indirect area effect on elevational species richness patterns. *Ecography*. 30: 440-448.
- Rosenzweig ML. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge (UK): Cambridge University Press. 460 p.
- Ruggiero A, Lawton JH. 1998. Are there latitudinal and altitudinal Rapoport effects in the geographic ranges of Andean passerine birds? *Biological Journal of the Linnean Society*. 63:283-304.
- Ruggiero A, Hawkins BA. 2008. Why do mountains support so many species of birds? *Ecography*. 31:306-315.
- Sanders NJ. 2002. Elevational gradients in ant species richness: area, geometry, and Rapoport's rule. *Ecography*. 25:25-32.
- Schmidt-Nielsen K. 1996. *Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente*. 5th ed. São Paulo (SP): Santos (Grupo GEN). 546 p.
- Scott DA, Brooke ML. 1985. The endangered avifauna of Southeastern Brazil: a report on the BOU/WWF expeditions of 1980/81 and 1981/82. In: Diamond AW, Lovejoy TE, editors. *Conservation of Tropical Forest Birds*. Technical Publications 4. Cambridge (UK): International Council for Bird Preservation. p 115-139.
- Sick H. 1997. *Ornitologia brasileira*. Rio de Janeiro (RJ): Editora Nova Fronteira. 862 p.
- Sigrist T. 2007. *Guia de campo: aves do Brasil oriental*. São Paulo (SP): Avis Brasilis. 448 p.
- Siqueira CC. *Composição e distribuição altitudinal das espécies de anfíbios na Mata Atlântica [tese]*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2012.
- Statsoft, Inc. 2005. *Statistica: data analysis software system, version 7.1*. [Internet]. Tulsa (OK): StatSoft, Inc.; [cited 2005 Feb 13]. Available for: www.statsoft.com
- Stevens GC. 1992. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *The American Naturalist*. 140(6):893-911.
- Stotz, DF, Fitzpatrick JW, Parker III, TA, Moskovits, DK. 1996. *Neotropical Birds: ecology and conservation*. Chicago (IL): The University of Chicago Press. 480 p.
- Terborgh J. 1971. Distribution on environmental gradients: theory and a preliminary interpretation of distributional patterns in the avifauna of the Cordillera Vilcabamba, Peru. *Ecology*. 52(1):23-40.
- Terborgh J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevation gradient. *Ecology*. 58(5):1007-1019.
- Thiollay JM. 1996. Distributional patterns of raptors along altitudinal gradients in the northern Andes and effects of forest fragmentation. *Journal of Tropical Ecology*. 12(4):535-560.
- Tramer EJ. 1974. On latitudinal gradients in avian diversity. *The Condor*. 76(2):123-130.

- VanDerWal J, Murphy HT, Lovett-Doust J. 2008. Three-dimensional mid-domain predictions: geometric constraints in North American amphibian, bird, mammal and tree species richness patterns. *Ecography*. 31:435-449.
- Vetaas OR, Grytnes JA. 2002. Distribution of vascular plant species richness and endemic richness along the Himalayan elevation gradient in Nepal. *Global Ecology & Biogeography*. 11:291-301.
- Villela DM, de Mattos EA, Pinto AS, Vieira SA. And Martinelli, LA. 2012. Carbon and nitrogen stock and fluxes in coastal Atlantic Forest of southeast Brazil: potential impacts of climate change on biogeochemical functioning. *Brazilian Journal of Biology*. 72(3):633-642.
- Willing MR, Kaufman DM, Stevens RD. 2003. Latitudinal gradients of biodiversity: Pattern, Process, Scale, and Synthesis. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 34:273-309.
- Wolda H. 1981. Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia*. 50:296-302.
- Zapata FA, Gaston KJ, Chown SL. 2003. Mid-domain models of species richness gradients: assumptions, methods and evidence. *Journal of Animal Ecology*. 72:677-690.
- Zar JH. 2010. *Biostatistical analysis*. 5th ed. Upper Saddle River (NJ): Pearson Prentice Hall. 960 p.

ANEXO A – Diversidade β da composição de beija-flores entre pares de faixas altitudinais da Mata Atlântica (continua).

Pares de faixas altitudinais		β diversidade	Pares de faixas altitudinais		β diversidade
0-99	100-199	0,03	100-199	1400-1499	0,35
0-99	200-299	0,03	100-199	1500-1599	0,42
0-99	300-399	0,07	100-199	1600-1699	0,47
0-99	400-499	0,08	100-199	1700-1799	0,47
0-99	500-599	0,08	100-199	1800-1899	0,56
0-99	600-699	0,14	100-199	1900-1999	0,63
0-99	700-799	0,17	100-199	2000-2099	0,63
0-99	800-899	0,23	100-199	2100-2199	0,61
0-99	900-999	0,25	100-199	2200-2299	0,67
0-99	1000-1099	0,25	100-199	2300-2399	0,71
0-99	1100-1199	0,32	100-199	2400-2499	0,71
0-99	1200-1299	0,36	100-199	2500-2599	0,80
0-99	1300-1399	0,36	100-199	2600-2699	0,85
0-99	1400-1499	0,36	100-199	2700-2799	0,85
0-99	1500-1599	0,43	100-199	2800-2900	0,85
0-99	1600-1699	0,49	200-299	300-399	0,04
0-99	1700-1799	0,49	200-299	400-499	0,05
0-99	1800-1899	0,54	200-299	500-599	0,05
0-99	1900-1999	0,61	200-299	600-699	0,11
0-99	2000-2099	0,61	200-299	700-799	0,14
0-99	2100-2199	0,59	200-299	800-899	0,19
0-99	2200-2299	0,66	200-299	900-999	0,21
0-99	2300-2399	0,70	200-299	1000-1099	0,21
0-99	2400-2499	0,70	200-299	1100-1199	0,28
0-99	2500-2599	0,79	200-299	1200-1299	0,35
0-99	2600-2699	0,84	200-299	1300-1399	0,35
0-99	2700-2799	0,84	200-299	1400-1499	0,35
0-99	2800-2900	0,84	200-299	1500-1599	0,42
100-199	200-299	0,00	200-299	1600-1699	0,47
100-199	300-399	0,04	200-299	1700-1799	0,47
100-199	400-499	0,05	200-299	1800-1899	0,56
100-199	500-599	0,05	200-299	1900-1999	0,63
100-199	600-699	0,11	200-299	2000-2099	0,63
100-199	700-799	0,14	200-299	2100-2199	0,61
100-199	800-899	0,19	200-299	2200-2299	0,67
100-199	900-999	0,21	200-299	2300-2399	0,71
100-199	1000-1099	0,21	200-299	2400-2499	0,71
100-199	1100-1199	0,28	200-299	2500-2599	0,80
100-199	1200-1299	0,35	200-299	2600-2699	0,85
100-199	1300-1399	0,35	200-299	2700-2799	0,85

Continuação

Pares de faixas altitudinais		β diversidade	Pares de faixas altitudinais		β diversidade
200-299	2800-2900	0,85	400-499	2200-2299	0,69
300-399	400-499	0,01	400-499	2300-2399	0,73
300-399	500-599	0,01	400-499	2400-2499	0,73
300-399	600-699	0,07	400-499	2500-2599	0,81
300-399	700-799	0,10	400-499	2600-2699	0,85
300-399	800-899	0,15	400-499	2700-2799	0,85
300-399	900-999	0,17	400-499	2800-2900	0,85
300-399	1000-1099	0,17	500-599	600-699	0,05
300-399	1100-1199	0,23	500-599	700-799	0,08
300-399	1200-1299	0,32	500-599	800-899	0,14
300-399	1300-1399	0,32	500-599	900-999	0,15
300-399	1400-1499	0,32	500-599	1000-1099	0,15
300-399	1500-1599	0,39	500-599	1100-1199	0,24
300-399	1600-1699	0,44	500-599	1200-1299	0,33
300-399	1700-1799	0,44	500-599	1300-1399	0,33
300-399	1800-1899	0,53	500-599	1400-1499	0,33
300-399	1900-1999	0,59	500-599	1500-1599	0,40
300-399	2000-2099	0,59	500-599	1600-1699	0,46
300-399	2100-2199	0,57	500-599	1700-1799	0,46
300-399	2200-2299	0,68	500-599	1800-1899	0,54
300-399	2300-2399	0,72	500-599	1900-1999	0,60
300-399	2400-2499	0,72	500-599	2000-2099	0,60
300-399	2500-2599	0,81	500-599	2100-2199	0,58
300-399	2600-2699	0,85	500-599	2200-2299	0,69
300-399	2700-2799	0,85	500-599	2300-2399	0,73
300-399	2800-2900	0,85	500-599	2400-2499	0,73
400-499	500-599	0,00	500-599	2500-2599	0,81
400-499	600-699	0,05	500-599	2600-2699	0,85
400-499	700-799	0,08	500-599	2700-2799	0,85
400-499	800-899	0,14	500-599	2800-2900	0,85
400-499	900-999	0,15	600-699	700-799	0,03
400-499	1000-1099	0,15	600-699	800-899	0,08
400-499	1100-1199	0,24	600-699	900-999	0,10
400-499	1200-1299	0,33	600-699	1000-1099	0,10
400-499	1300-1399	0,33	600-699	1100-1199	0,21
400-499	1400-1499	0,33	600-699	1200-1299	0,33
400-499	1500-1599	0,40	600-699	1300-1399	0,33
400-499	1600-1699	0,46	600-699	1400-1499	0,33
400-499	1700-1799	0,46	600-699	1500-1599	0,40
400-499	1800-1899	0,54	600-699	1600-1699	0,46
400-499	1900-1999	0,60	600-699	1700-1799	0,46
400-499	2000-2099	0,60	600-699	1800-1899	0,54
400-499	2100-2199	0,58	600-699	1900-1999	0,60

Continuação

Pares de faixas altitudinais		β diversidade	Pares de faixas altitudinais		β diversidade
600-699	2000-2099	0,60	800-899	2200-2299	0,67
600-699	2100-2199	0,58	800-899	2300-2399	0,71
600-699	2200-2299	0,69	800-899	2400-2499	0,71
600-699	2300-2399	0,73	800-899	2500-2599	0,80
600-699	2400-2499	0,73	800-899	2600-2699	0,85
600-699	2500-2599	0,81	800-899	2700-2799	0,85
600-699	2600-2699	0,85	800-899	2800-2900	0,85
600-699	2700-2799	0,85	900-999	1000-1099	0,00
600-699	2800-2900	0,85	900-999	1100-1199	0,11
700-799	800-899	0,06	900-999	1200-1299	0,23
700-799	900-999	0,07	900-999	1300-1399	0,23
700-799	1000-1099	0,07	900-999	1400-1499	0,23
700-799	1100-1199	0,19	900-999	1500-1599	0,30
700-799	1200-1299	0,31	900-999	1600-1699	0,35
700-799	1300-1399	0,31	900-999	1700-1799	0,35
700-799	1400-1499	0,31	900-999	1800-1899	0,43
700-799	1500-1599	0,38	900-999	1900-1999	0,49
700-799	1600-1699	0,43	900-999	2000-2099	0,49
700-799	1700-1799	0,43	900-999	2100-2199	0,56
700-799	1800-1899	0,52	900-999	2200-2299	0,67
700-799	1900-1999	0,58	900-999	2300-2399	0,71
700-799	2000-2099	0,58	900-999	2400-2499	0,71
700-799	2100-2199	0,57	900-999	2500-2599	0,80
700-799	2200-2299	0,67	900-999	2600-2699	0,84
700-799	2300-2399	0,71	900-999	2700-2799	0,84
700-799	2400-2499	0,71	900-999	2800-2900	0,84
700-799	2500-2599	0,80	1000-1099	1100-1199	0,11
700-799	2600-2699	0,85	1000-1099	1200-1299	0,23
700-799	2700-2799	0,85	1000-1099	1300-1399	0,23
700-799	2800-2900	0,85	1000-1099	1400-1499	0,23
800-899	900-999	0,01	1000-1099	1500-1599	0,30
800-899	1000-1099	0,01	1000-1099	1600-1699	0,35
800-899	1100-1199	0,13	1000-1099	1700-1799	0,35
800-899	1200-1299	0,24	1000-1099	1800-1899	0,43
800-899	1300-1399	0,24	1000-1099	1900-1999	0,49
800-899	1400-1499	0,24	1000-1099	2000-2099	0,49
800-899	1500-1599	0,31	1000-1099	2100-2199	0,56
800-899	1600-1699	0,36	1000-1099	2200-2299	0,67
800-899	1700-1799	0,36	1000-1099	2300-2399	0,71
800-899	1800-1899	0,44	1000-1099	2400-2499	0,71
800-899	1900-1999	0,50	1000-1099	2500-2599	0,80
800-899	2000-2099	0,50	1000-1099	2600-2699	0,84
800-899	2100-2199	0,57	1000-1099	2700-2799	0,84

Continuação

Pares de faixas altitudinais		β diversidade	Pares de faixas altitudinais		β diversidade
1000-1099	2800-2900	0,84	1300-1399	2300-2399	0,57
1100-1199	1200-1299	0,12	1300-1399	2400-2499	0,57
1100-1199	1300-1399	0,12	1300-1399	2500-2599	0,69
1100-1199	1400-1499	0,12	1300-1399	2600-2699	0,76
1100-1199	1500-1599	0,19	1300-1399	2700-2799	0,76
1100-1199	1600-1699	0,24	1300-1399	2800-2900	0,76
1100-1199	1700-1799	0,24	1400-1499	1500-1599	0,07
1100-1199	1800-1899	0,33	1400-1499	1600-1699	0,13
1100-1199	1900-1999	0,40	1400-1499	1700-1799	0,13
1100-1199	2000-2099	0,40	1400-1499	1800-1899	0,22
1100-1199	2100-2199	0,47	1400-1499	1900-1999	0,29
1100-1199	2200-2299	0,60	1400-1499	2000-2099	0,29
1100-1199	2300-2399	0,65	1400-1499	2100-2199	0,38
1100-1199	2400-2499	0,65	1400-1499	2200-2299	0,52
1100-1199	2500-2599	0,75	1400-1499	2300-2399	0,57
1100-1199	2600-2699	0,81	1400-1499	2400-2499	0,57
1100-1199	2700-2799	0,81	1400-1499	2500-2599	0,69
1100-1199	2800-2900	0,81	1400-1499	2600-2699	0,76
1200-1299	1300-1399	0,00	1400-1499	2700-2799	0,76
1200-1299	1400-1499	0,00	1400-1499	2800-2900	0,76
1200-1299	1500-1599	0,07	1500-1599	1600-1699	0,06
1200-1299	1600-1699	0,13	1500-1599	1700-1799	0,06
1200-1299	1700-1799	0,13	1500-1599	1800-1899	0,15
1200-1299	1800-1899	0,22	1500-1599	1900-1999	0,23
1200-1299	1900-1999	0,29	1500-1599	2000-2099	0,23
1200-1299	2000-2099	0,29	1500-1599	2100-2199	0,31
1200-1299	2100-2199	0,38	1500-1599	2200-2299	0,46
1200-1299	2200-2299	0,52	1500-1599	2300-2399	0,52
1200-1299	2300-2399	0,57	1500-1599	2400-2499	0,52
1200-1299	2400-2499	0,57	1500-1599	2500-2599	0,65
1200-1299	2500-2599	0,69	1500-1599	2600-2699	0,73
1200-1299	2600-2699	0,76	1500-1599	2700-2799	0,73
1200-1299	2700-2799	0,76	1500-1599	2800-2900	0,73
1200-1299	2800-2900	0,76	1600-1699	1700-1799	0,00
1300-1399	1400-1499	0,00	1600-1699	1800-1899	0,10
1300-1399	1500-1599	0,07	1600-1699	1900-1999	0,17
1300-1399	1600-1699	0,13	1600-1699	2000-2099	0,17
1300-1399	1700-1799	0,13	1600-1699	2100-2199	0,26
1300-1399	1800-1899	0,22	1600-1699	2200-2299	0,42
1300-1399	1900-1999	0,29	1600-1699	2300-2399	0,48
1300-1399	2000-2099	0,29	1600-1699	2400-2499	0,48
1300-1399	2100-2199	0,38	1600-1699	2500-2599	0,62
1300-1399	2200-2299	0,52	1600-1699	2600-2699	0,70

Conclusão

Pares de faixas altitudinais		β diversidade	Pares de faixas altitudinais		β diversidade
1600-1699	2700-2799	0,70	2100-2199	2500-2599	0,43
1600-1699	2800-2900	0,70	2100-2199	2600-2699	0,54
1700-1799	1800-1899	0,10	2100-2199	2700-2799	0,54
1700-1799	1900-1999	0,17	2100-2199	2800-2900	0,54
1700-1799	2000-2099	0,17	2200-2299	2300-2399	0,08
1700-1799	2100-2199	0,26	2200-2299	2400-2499	0,08
1700-1799	2200-2299	0,42	2200-2299	2500-2599	0,27
1700-1799	2300-2399	0,48	2200-2299	2600-2699	0,40
1700-1799	2400-2499	0,48	2200-2299	2700-2799	0,40
1700-1799	2500-2599	0,62	2200-2299	2800-2900	0,40
1700-1799	2600-2699	0,70	2300-2399	2400-2499	0,00
1700-1799	2700-2799	0,70	2300-2399	2500-2599	0,20
1700-1799	2800-2900	0,70	2300-2399	2600-2699	0,33
1800-1899	1900-1999	0,08	2300-2399	2700-2799	0,33
1800-1899	2000-2099	0,08	2300-2399	2800-2900	0,33
1800-1899	2100-2199	0,17	2400-2499	2500-2599	0,20
1800-1899	2200-2299	0,33	2400-2499	2600-2699	0,33
1800-1899	2300-2399	0,40	2400-2499	2700-2799	0,33
1800-1899	2400-2499	0,40	2400-2499	2800-2900	0,33
1800-1899	2500-2599	0,56	2500-2599	2600-2699	0,14
1800-1899	2600-2699	0,65	2500-2599	2700-2799	0,14
1800-1899	2700-2799	0,65	2500-2599	2800-2900	0,14
1800-1899	2800-2900	0,65	2600-2699	2700-2799	0,00
1900-1999	2000-2099	0,00	2600-2699	2800-2900	0,00
1900-1999	2100-2199	0,09	2700-2799	2800-2900	0,00
1900-1999	2200-2299	0,26			
1900-1999	2300-2399	0,33			
1900-1999	2400-2499	0,33			
1900-1999	2500-2599	0,50			
1900-1999	2600-2699	0,60			
1900-1999	2700-2799	0,60			
1900-1999	2800-2900	0,60			
2000-2099	2100-2199	0,09			
2000-2099	2200-2299	0,26			
2000-2099	2300-2399	0,33			
2000-2099	2400-2499	0,33			
2000-2099	2500-2599	0,50			
2000-2099	2600-2699	0,60			
2000-2099	2700-2799	0,60			
2000-2099	2800-2900	0,60			
2100-2199	2200-2299	0,18			
2100-2199	2300-2399	0,25			
2100-2199	2400-2499	0,25			

ANEXO B – Diversidade β da composição de beija-flores endêmicos entre pares de faixas altitudinais da Mata Atlântica (continua).

Pares de faixas altitudinais			Pares de faixas altitudinais		
		β diversidade			β diversidade
0-99	100-199	0,00	100-199	1500-1599	0,33
0-99	200-299	0,00	100-199	1600-1699	0,41
0-99	300-399	0,00	100-199	1700-1799	0,41
0-99	400-499	0,00	100-199	1800-1899	0,41
0-99	500-599	0,00	100-199	1900-1999	0,41
0-99	600-699	0,09	100-199	2000-2099	0,41
0-99	700-799	0,09	100-199	2100-2199	0,41
0-99	800-899	0,14	100-199	2200-2299	0,60
0-99	900-999	0,14	100-199	2300-2399	0,71
0-99	1000-1099	0,14	100-199	2400-2499	0,71
0-99	1100-1199	0,20	100-199	2500-2599	0,71
0-99	1200-1299	0,26	100-199	2600-2699	0,85
0-99	1300-1399	0,26	100-199	2700-2799	0,85
0-99	1400-1499	0,26	100-199	2800-2900	0,85
0-99	1500-1599	0,33	200-299	300-399	0,00
0-99	1600-1699	0,41	200-299	400-499	0,00
0-99	1700-1799	0,41	200-299	500-599	0,00
0-99	1800-1899	0,41	200-299	600-699	0,09
0-99	1900-1999	0,41	200-299	700-799	0,09
0-99	2000-2099	0,41	200-299	800-899	0,14
0-99	2100-2199	0,41	200-299	900-999	0,14
0-99	2200-2299	0,60	200-299	1000-1099	0,14
0-99	2300-2399	0,71	200-299	1100-1199	0,20
0-99	2400-2499	0,71	200-299	1200-1299	0,26
0-99	2500-2599	0,71	200-299	1300-1399	0,26
0-99	2600-2699	0,85	200-299	1400-1499	0,26
0-99	2700-2799	0,85	200-299	1500-1599	0,33
0-99	2800-2900	0,85	200-299	1600-1699	0,41
100-199	200-299	0,00	200-299	1700-1799	0,41
100-199	300-399	0,00	200-299	1800-1899	0,41
100-199	400-499	0,00	200-299	1900-1999	0,41
100-199	500-599	0,00	200-299	2000-2099	0,41
100-199	600-699	0,09	200-299	2100-2199	0,41
100-199	700-799	0,09	200-299	2200-2299	0,60
100-199	800-899	0,14	200-299	2300-2399	0,71
100-199	900-999	0,14	200-299	2400-2499	0,71
100-199	1000-1099	0,14	200-299	2500-2599	0,71
100-199	1100-1199	0,20	200-299	2600-2699	0,85
100-199	1200-1299	0,26	200-299	2700-2799	0,85
100-199	1300-1399	0,26	200-299	2800-2900	0,85
100-199	1400-1499	0,26	300-399	400-499	0,00

Continuação

Pares de faixas altitudinais			Pares de faixas altitudinais		
		β diversidade			β diversidade
300-399	500-599	0,00	400-499	2400-2499	0,71
300-399	600-699	0,09	400-499	2500-2599	0,71
300-399	700-799	0,09	400-499	2600-2699	0,85
300-399	800-899	0,14	400-499	2700-2799	0,85
300-399	900-999	0,14	400-499	2800-2900	0,85
300-399	1000-1099	0,14	500-599	600-699	0,09
300-399	1100-1199	0,20	500-599	700-799	0,09
300-399	1200-1299	0,26	500-599	800-899	0,14
300-399	1300-1399	0,26	500-599	900-999	0,14
300-399	1400-1499	0,26	500-599	1000-1099	0,14
300-399	1500-1599	0,33	500-599	1100-1199	0,20
300-399	1600-1699	0,41	500-599	1200-1299	0,26
300-399	1700-1799	0,41	500-599	1300-1399	0,26
300-399	1800-1899	0,41	500-599	1400-1499	0,26
300-399	1900-1999	0,41	500-599	1500-1599	0,33
300-399	2000-2099	0,41	500-599	1600-1699	0,41
300-399	2100-2199	0,41	500-599	1700-1799	0,41
300-399	2200-2299	0,60	500-599	1800-1899	0,41
300-399	2300-2399	0,71	500-599	1900-1999	0,41
300-399	2400-2499	0,71	500-599	2000-2099	0,41
300-399	2500-2599	0,71	500-599	2100-2199	0,41
300-399	2600-2699	0,85	500-599	2200-2299	0,60
300-399	2700-2799	0,85	500-599	2300-2399	0,71
300-399	2800-2900	0,85	500-599	2400-2499	0,71
400-499	500-599	0,00	500-599	2500-2599	0,71
400-499	600-699	0,09	500-599	2600-2699	0,85
400-499	700-799	0,09	500-599	2700-2799	0,85
400-499	800-899	0,14	500-599	2800-2900	0,85
400-499	900-999	0,14	600-699	700-799	0,00
400-499	1000-1099	0,14	600-699	800-899	0,05
400-499	1100-1199	0,20	600-699	900-999	0,05
400-499	1200-1299	0,26	600-699	1000-1099	0,05
400-499	1300-1399	0,26	600-699	1100-1199	0,11
400-499	1400-1499	0,26	600-699	1200-1299	0,18
400-499	1500-1599	0,33	600-699	1300-1399	0,18
400-499	1600-1699	0,41	600-699	1400-1499	0,18
400-499	1700-1799	0,41	600-699	1500-1599	0,25
400-499	1800-1899	0,41	600-699	1600-1699	0,33
400-499	1900-1999	0,41	600-699	1700-1799	0,33
400-499	2000-2099	0,41	600-699	1800-1899	0,33
400-499	2100-2199	0,41	600-699	1900-1999	0,33
400-499	2200-2299	0,60	600-699	2000-2099	0,33
400-499	2300-2399	0,71	600-699	2100-2199	0,33

Continuação

Pares de faixas altitudinais			Pares de faixas altitudinais		
		β diversidade			β diversidade
600-699	2200-2299	0,54	800-899	2400-2499	0,64
600-699	2300-2399	0,67	800-899	2500-2599	0,64
600-699	2400-2499	0,67	800-899	2600-2699	0,80
600-699	2500-2599	0,67	800-899	2700-2799	0,80
600-699	2600-2699	0,82	800-899	2800-2900	0,80
600-699	2700-2799	0,82	900-999	1000-1099	0,00
600-699	2800-2900	0,82	900-999	1100-1199	0,06
700-799	800-899	0,05	900-999	1200-1299	0,13
700-799	900-999	0,05	900-999	1300-1399	0,13
700-799	1000-1099	0,05	900-999	1400-1499	0,13
700-799	1100-1199	0,11	900-999	1500-1599	0,20
700-799	1200-1299	0,18	900-999	1600-1699	0,29
700-799	1300-1399	0,18	900-999	1700-1799	0,29
700-799	1400-1499	0,18	900-999	1800-1899	0,29
700-799	1500-1599	0,25	900-999	1900-1999	0,29
700-799	1600-1699	0,33	900-999	2000-2099	0,29
700-799	1700-1799	0,33	900-999	2100-2199	0,29
700-799	1800-1899	0,33	900-999	2200-2299	0,50
700-799	1900-1999	0,33	900-999	2300-2399	0,64
700-799	2000-2099	0,33	900-999	2400-2499	0,64
700-799	2100-2199	0,33	900-999	2500-2599	0,64
700-799	2200-2299	0,54	900-999	2600-2699	0,80
700-799	2300-2399	0,67	900-999	2700-2799	0,80
700-799	2400-2499	0,67	900-999	2800-2900	0,80
700-799	2500-2599	0,67	1000-1099	1100-1199	0,06
700-799	2600-2699	0,82	1000-1099	1200-1299	0,13
700-799	2700-2799	0,82	1000-1099	1300-1399	0,13
700-799	2800-2900	0,82	1000-1099	1400-1499	0,13
800-899	900-999	0,00	1000-1099	1500-1599	0,20
800-899	1000-1099	0,00	1000-1099	1600-1699	0,29
800-899	1100-1199	0,06	1000-1099	1700-1799	0,29
800-899	1200-1299	0,13	1000-1099	1800-1899	0,29
800-899	1300-1399	0,13	1000-1099	1900-1999	0,29
800-899	1400-1499	0,13	1000-1099	2000-2099	0,29
800-899	1500-1599	0,20	1000-1099	2100-2199	0,29
800-899	1600-1699	0,29	1000-1099	2200-2299	0,50
800-899	1700-1799	0,29	1000-1099	2300-2399	0,64
800-899	1800-1899	0,29	1000-1099	2400-2499	0,64
800-899	1900-1999	0,29	1000-1099	2500-2599	0,64
800-899	2000-2099	0,29	1000-1099	2600-2699	0,80
800-899	2100-2199	0,29	1000-1099	2700-2799	0,80
800-899	2200-2299	0,50	1000-1099	2800-2900	0,80
800-899	2300-2399	0,64	1100-1199	1200-1299	0,07

Continuação

Pares de faixas altitudinais			Pares de faixas altitudinais		
		β diversidade			β diversidade
1100-1199	1300-1399	0,07	1300-1399	2500-2599	0,56
1100-1199	1400-1499	0,07	1300-1399	2600-2699	0,75
1100-1199	1500-1599	0,14	1300-1399	2700-2799	0,75
1100-1199	1600-1699	0,23	1300-1399	2800-2900	0,75
1100-1199	1700-1799	0,23	1400-1499	1500-1599	0,08
1100-1199	1800-1899	0,23	1400-1499	1600-1699	0,17
1100-1199	1900-1999	0,23	1400-1499	1700-1799	0,17
1100-1199	2000-2099	0,23	1400-1499	1800-1899	0,17
1100-1199	2100-2199	0,23	1400-1499	1900-1999	0,17
1100-1199	2200-2299	0,45	1400-1499	2000-2099	0,17
1100-1199	2300-2399	0,60	1400-1499	2100-2199	0,17
1100-1199	2400-2499	0,60	1400-1499	2200-2299	0,40
1100-1199	2500-2599	0,60	1400-1499	2300-2399	0,56
1100-1199	2600-2699	0,78	1400-1499	2400-2499	0,56
1100-1199	2700-2799	0,78	1400-1499	2500-2599	0,56
1100-1199	2800-2900	0,78	1400-1499	2600-2699	0,75
1200-1299	1300-1399	0,00	1400-1499	2700-2799	0,75
1200-1299	1400-1499	0,00	1400-1499	2800-2900	0,75
1200-1299	1500-1599	0,08	1500-1599	1600-1699	0,09
1200-1299	1600-1699	0,17	1500-1599	1700-1799	0,09
1200-1299	1700-1799	0,17	1500-1599	1800-1899	0,09
1200-1299	1800-1899	0,17	1500-1599	1900-1999	0,09
1200-1299	1900-1999	0,17	1500-1599	2000-2099	0,09
1200-1299	2000-2099	0,17	1500-1599	2100-2199	0,09
1200-1299	2100-2199	0,17	1500-1599	2200-2299	0,33
1200-1299	2200-2299	0,40	1500-1599	2300-2399	0,50
1200-1299	2300-2399	0,56	1500-1599	2400-2499	0,50
1200-1299	2400-2499	0,56	1500-1599	2500-2599	0,50
1200-1299	2500-2599	0,56	1500-1599	2600-2699	0,71
1200-1299	2600-2699	0,75	1500-1599	2700-2799	0,71
1200-1299	2700-2799	0,75	1500-1599	2800-2900	0,71
1200-1299	2800-2900	0,75	1600-1699	1700-1799	0,00
1300-1399	1400-1499	0,00	1600-1699	1800-1899	0,00
1300-1399	1500-1599	0,08	1600-1699	1900-1999	0,00
1300-1399	1600-1699	0,17	1600-1699	2000-2099	0,00
1300-1399	1700-1799	0,17	1600-1699	2100-2199	0,00
1300-1399	1800-1899	0,17	1600-1699	2200-2299	0,25
1300-1399	1900-1999	0,17	1600-1699	2300-2399	0,43
1300-1399	2000-2099	0,17	1600-1699	2400-2499	0,43
1300-1399	2100-2199	0,17	1600-1699	2500-2599	0,43
1300-1399	2200-2299	0,40	1600-1699	2600-2699	0,67
1300-1399	2300-2399	0,56	1600-1699	2700-2799	0,67
1300-1399	2400-2499	0,56	1600-1699	2800-2900	0,67

Conclusão

Pares de faixas altitudinais			Pares de faixas altitudinais		
		β diversidade			β diversidade
1700-1799	1800-1899	0,00	2100-2199	2700-2799	0,67
1700-1799	1900-1999	0,00	2100-2199	2800-2900	0,67
1700-1799	2000-2099	0,00	2200-2299	2300-2399	0,20
1700-1799	2100-2199	0,00	2200-2299	2400-2499	0,20
1700-1799	2200-2299	0,25	2200-2299	2500-2599	0,20
1700-1799	2300-2399	0,43	2200-2299	2600-2699	0,50
1700-1799	2400-2499	0,43	2200-2299	2700-2799	0,50
1700-1799	2500-2599	0,43	2200-2299	2800-2900	0,50
1700-1799	2600-2699	0,67	2300-2399	2400-2499	0,00
1700-1799	2700-2799	0,67	2300-2399	2500-2599	0,00
1700-1799	2800-2900	0,67	2300-2399	2600-2699	0,33
1800-1899	1900-1999	0,00	2300-2399	2700-2799	0,33
1800-1899	2000-2099	0,00	2300-2399	2800-2900	0,33
1800-1899	2100-2199	0,00	2400-2499	2500-2599	0,00
1800-1899	2200-2299	0,25	2400-2499	2600-2699	0,33
1800-1899	2300-2399	0,43	2400-2499	2700-2799	0,33
1800-1899	2400-2499	0,43	2400-2499	2800-2900	0,33
1800-1899	2500-2599	0,43	2500-2599	2600-2699	0,33
1800-1899	2600-2699	0,67	2500-2599	2700-2799	0,33
1800-1899	2700-2799	0,67	2500-2599	2800-2900	0,33
1800-1899	2800-2900	0,67	2600-2699	2700-2799	0,00
1900-1999	2000-2099	0,00	2600-2699	2800-2900	0,00
1900-1999	2100-2199	0,00	2700-2799	2800-2900	0,00
1900-1999	2200-2299	0,25			
1900-1999	2300-2399	0,43			
1900-1999	2400-2499	0,43			
1900-1999	2500-2599	0,43			
1900-1999	2600-2699	0,67			
1900-1999	2700-2799	0,67			
1900-1999	2800-2900	0,67			
2000-2099	2100-2199	0,00			
2000-2099	2200-2299	0,25			
2000-2099	2300-2399	0,43			
2000-2099	2400-2499	0,43			
2000-2099	2500-2599	0,43			
2000-2099	2600-2699	0,67			
2000-2099	2700-2799	0,67			
2000-2099	2800-2900	0,67			
2100-2199	2200-2299	0,25			
2100-2199	2300-2399	0,43			
2100-2199	2400-2499	0,43			
2100-2199	2500-2599	0,43			
2100-2199	2600-2699	0,67			

3 DISTRIBUIÇÃO DE AVES EM DIFERENTES ALTITUDES NA RESERVA ECOLÓGICA DE GUAPIAÇU E PARQUE ESTADUAL DOS TRÊS PICOS, ESTADO DO RIO DE JANEIRO.

3.1 Introdução

Vários fatores geográficos, como latitude e altitude, estão relacionados à ocorrência, distribuição e diversidade de plantas e animais (Janzen 1967; Rohde 1992; Kessler 2001; Waterhouse et al. 2002; Hillebrand 2004; Lee et al. 2004; Begon et al. 2007; McCain 2005, 2007, 2009a,b, 2010; McCain and Grytnes 2010; Cadena et al. 2011). Esses fatores geográficos, associados a uma variedade de fatores bióticos e abióticos podem influenciar a dinâmica da comunidade de aves de uma determinada área (Wiens 1989; Loiselle and Blake 1991). Um exemplo disso é a variação na estrutura das comunidades de aves ao longo de gradientes altitudinais (Waterhouse et al. 2002).

Até o estudo de Rahbek (1995), a diminuição da riqueza e da diversidade biológica terrestre ao longo de gradientes altitudinais tinha sido considerada quase tão comum quanto o observado nos padrões latitudinais (Stevens 1992; Brown and Lomolino 2006, Begon et al. 2007). Atualmente, não há consenso sobre o padrão de distribuição da biodiversidade ao longo dos gradientes altitudinais (Rahbek 1995; Herzog et al. 2005; McCain 2009a). Para as aves, por exemplo, quatro padrões foram associados aos efeitos da altitude: 1) diminuição da diversidade com o aumento da altitude (*decreasing diversity*); 2) diversidade constante em baixas altitudes, seguida de diminuição da diversidade com o aumento da altitude (*low-elevation plateaus*); 3) elevada diversidade nas baixas altitudes com pico em elevações intermediárias, seguida de diminuição da diversidade com o aumento da altitude (*low-elevation plateaus with mid-peaks*); e 4) pico de diversidade em altitudes intermediárias, com baixa da diversidade nas altitudes mais baixas e mais elevadas (*mid-elevational peaks*) (McCain 2009a).

Assim, estudos em áreas montanhosas, que abrigam elevados níveis de endemismos, são importantes para se obter informações sobre a diversidade de espécies

e seus padrões de distribuição ao longo de gradientes altitudinais (McCain 2005, 2007, 2009a, 2010).

No Brasil, encontramos 11 estudos sobre distribuição altitudinal de aves, sendo oito realizados na Mata Atlântica (Holt 1928; Stotz et al. 1996; Benke and Kindel 1999; Goerk 1999; Buzzetti 2000; Fávares et al. 2006; Rajão and Cerqueira 2006; Mallet-Rodrigues et al. 2010; Cavarzere and Silveira 2012), um em área de transição Mata Atlântica/Cerrado (Melo-Júnior et al. 2001) e um no Cerrado (Purificação et al. 2013). Cavarzere and Silveira (2012) avaliaram os 10 estudos e encontraram diferentes padrões altitudinais na distribuição das aves: diminuição monotônica da diversidade (Goerk 1999; Melo Júnior et al. 2001; Develey 2004), diversidade constante nas baixas altitudes e diminuição com o aumento da altitude (Stotz et al. 1996; Buzzetti 2000; Mallet-Rodrigues et al. 2010), aumento da diversidade (Fávares et al. 2006), maior diversidade em altitudes intermediárias (Holt 1928; Benke and Kindel 1999; Rajão and Cerqueira 2006) e alta diversidade nas baixas e elevadas altitudes (*trough-shaped*; Cavarzere 2010; Cavarzere and Silveira 2012). No estudo de Purificação et al. (2013) realizado em área de Cerrado, houve diminuição da riqueza e abundância das espécies com o aumento da altitude.

Nesse contexto, o bioma Mata Atlântica que possui variação altitudinal do nível do mar até 2.890 m (Costa and Lima 2005; Faria 2005) é um local potencial para se estudar a distribuição das comunidades biológicas ao longo do gradiente altitudinal. Além disso, o bioma possui elevada diversidade biológica, com um dos mais altos graus de riqueza, que corresponde de 1-8% de todas as espécies do mundo (da Silva and Casteleti 2003) e, também, com elevados graus de endemismos de espécies do planeta (Ribeiro et al. 2009).

A Mata Atlântica possui grande diversidade de aves (1.020 espécies: 56% da avifauna do Brasil) e os maiores níveis de endemismo desse grupo (18%) no Brasil (Stotz et al. 1996; Sick 1997; Marini and Garcia 2005; CBRO 2011). Por exemplo, das 60 espécies de beija-flores (Trochilidae) que ocorrem no Brasil (del Hoyo et al. 1999; CBRO 2011), mais da metade (43 espécies) é registrada na Mata Atlântica (Grandsau 1989; Sick 1997).

Contudo, considerada um dos *hotspots* de biodiversidade mundiais (Myers et al. 2000), grandes extensões de floresta da Mata Atlântica foram perdidas (Jenkins and Pimm 2006; Ribeiro et al. 2009) e muitos estudos sobre a biodiversidade e sobre os remanescentes florestais ainda precisam ser realizados (Ribeiro et al. 2009). O impacto

global da devastação antrópica neste bioma é ainda mais alarmante quando aliado ao fato da Mata Atlântica concentrar o maior número de espécies ameaçadas das Américas (Manne et al. 1999; Jenkins and Pimm 2006; Jenkins et al. 2010). Essa degradação põe em risco uma avifauna única, com mais de 200 espécies endêmicas de aves (Stotz et al. 1996; Bencke et al. 2006), que corresponde à 76% das espécies ameaçadas e endêmicas do Brasil (Marini and Garcia 2005). Com isso, esse bioma torna-se uma das áreas de alta prioridade para conservação e a mais crítica para a conservação de aves no Brasil (Marini and Garcia 2005).

No Sudeste do Brasil, a maioria dos remanescentes florestais existentes se concentra nas regiões montanhosas (Jenkins et al. 2010). Particularmente no estado do Rio de Janeiro, a destruição e a fragmentação da Mata Atlântica representam a principal ameaça para a maior parte da avifauna nativa (Alves et al. 2000). A área de cobertura vegetal no estado foi reduzida a menos de 20% em relação a existente originalmente, restando, atualmente, fragmentos florestais (Tanizaki-Fonseca and Moulton 2000). Os maiores remanescentes florestais ocorrem principalmente nas vertentes das cadeias montanhosas da Serra do Mar acima de 500 m de altitude (Tanizaki-Fonseca and Moulton 2000), particularmente, nas áreas de difícil acesso (Rocha et al. 2003, 2007; Jenkins and Pimm 2006). Por outro lado, as áreas de baixa altitude são as mais alteradas e possuem as espécies mais ameaçadas de extinção (Alves et al. 2000; Pimentel and Olmos 2011; Jenkins and Pimm 2006; Jenkins et al. 2010).

Nessas áreas das cadeias montanhosas da Serra do Mar está localizada uma das quatro regiões prioritárias para a conservação de aves ameaçadas da Mata Atlântica (Rocha et al. 2003; Bencke et al. 2006; Jenkins and Pimm 2006; Mallet-Rodrigues et al. 2007; Alves et al. 2009b). No estado do Rio de Janeiro, a região serrana (composta pela Serra do Mar) abrange um conjunto de florestas nas vertentes montanhosas, na qual um conjunto de unidades de conservação forma um contínuo com aproximadamente 600 Km² (Pimentel and Olmos 2011). Aí, localiza-se o Parque Estadual dos Três Picos (PETP) e a Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA) (INEA 2009). O PETP abriga 321 espécies de aves (Mallet-Rodrigues and Noronha 2009), o que representa 43% das espécies registradas no estado do Rio de Janeiro (relativo ao total de espécies de aves 745, de acordo com Gagliardi 2011). Entretanto, a distribuição e a ocorrência das aves ao longo dos gradientes altitudinais na Serra dos Órgãos não são homogêneas, sendo a

maioria das espécies que ocorre exclusivamente abaixo ou acima de 800 m (74%) considerada rara (Mallet-Rodrigues et al. 2007).

Embora o Rio de Janeiro seja um dos mais bem inventariados estados do país e disponha de elevado número de registros históricos de naturalistas e de extensas coleções ornitológicas, ainda existem lacunas no conhecimento das aves (Alves et al. 2000). Isso ocorre principalmente pela pouca padronização no esforço amostral e nos métodos de coleta de dados (Alves et al. 2000, 2009b). Essas lacunas ocorrem mesmo na Serra do Mar (Alves et al. 2000), que, segundo Mallet et al. (2007), provavelmente possui uma das regiões (as montanhas costeiras atlânticas da Serra do Mar, principalmente as áreas com menos de 500 m de altitude) ornitologicamente mais bem conhecidas do estado (exemplos Gonzaga 1988; Mallet-Rodrigues and Noronha 2009; Alves et al. 2009a; Pimentel and Olmos 2011). Entretanto, poucas áreas estiveram sujeitas a amostragens de longa duração (Pimentel and Olmos 2011) e/ou poucos estudos padronizados foram realizados com o objetivo de avaliar a distribuição altitudinal das aves (exemplo Rajão and Cerqueira 2006).

No presente estudo, avaliamos a distribuição altitudinal e a organização trófica das aves no sub-bosque de duas fitofisionomias da Mata Atlântica (floresta baixo montana e floresta montana) em uma encosta localizada na Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA) contígua ao Parque Estadual dos Três Picos (PETP), na região central do estado do Rio de Janeiro. Nossos principais objetivos foram: 1) estudar a comunidade de aves de sub-bosque, avaliando a composição, riqueza, abundância e distribuição altitudinal das espécies; 2) avaliar se existe efeito da altitude na riqueza e na abundância de aves nas cinco altitudes amostradas (de 170 a 1.000 m de altitude); 3) investigar as diferenças altitudinais na composição, riqueza, abundância e nas categorias tróficas de aves no sub-bosque das cinco altitudes amostradas; e 4) registrar deslocamentos altitudinais de espécies de aves. Também, buscamos 5) avaliar a riqueza dos beija-flores de sub-bosque, separadamente, por se tratar de um grupo bem diversificado na Mata Atlântica (com 60 espécies, Grandsau 1989; Sick 1997, correspondendo a 50% dos beija-flores brasileiros), que ocorre em um amplo gradiente altitudinal e latitudinal (del Hoyo et al. 1999). Esse é um dos grupos de aves não Passeriformes mais frequentemente capturado no sub-bosque (Sick 1997), sendo frequentes os registros de deslocamentos altitudinais de beija-flores na região neotropical (Alves 2007; Blake and Loiselle 2000; Blake and Loiselle 2001; Boyle 2010; Hobson et al. 2003; Sick 1997).

Com isso, nossas hipóteses foram: 1) a riqueza e a abundância de aves diminuem com o aumento da altitude, com base no estudo de McCain (2009a); 2) há diferenças na composição, na riqueza, na abundância e nas categorias tróficas de aves entre as diferentes faixas altitudinais estudadas; 3) há deslocamentos altitudinais de algumas espécies de aves, principalmente de aves frugívoras e nectarívoras, como relatado para a região neotropical (Loiselle and Blake 1991; Sick 1997; Alves 2007; Boyle 2010); 4) a riqueza de beija-flores diminui com o aumento da altitude. Bem como, há diferenças na composição e na riqueza de beija-flores entre as altitudes estudadas, como observado em outros estudos na região neotropical (Terborgh 1971; Malizia 2001; Blake and Loiselle 2000, 2001, 2002).

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Área de estudo

Realizamos o estudo em uma encosta no município de Cachoeiras de Macacu, na região da Serra dos Órgãos, que faz parte da vertente atlântica da Serra do Mar localizada na região central fluminense (IBAMA 2007; Lino and Albuquerque 2007). A região possui topografia acidentada com altitudes variando de 40 até o ponto culminante da Serra do Mar no estado, o Pico Maior (em Nova Friburgo), com 2.285 m de altitude (IBAMA 2007; INEA 2009). As características meteorológicas de grande escala do continente sul-americano conferem à região um clima úmido a superúmido, mesotérmico, com pouco ou nenhum déficit hídrico e calor igualmente distribuído ao longo do ano (INEA 2009). Segundo a classificação de Köppen, o clima é dos tipos: Cfb (mesotérmico, com verões brandos, sem estação seca) e Cwb (tropical de altitude, com uma curta estação seca) (IBAMA 2007).

Essa região é uma das maiores extensões de florestas contínuas e conservadas do estado, com mais de 60.000 ha, sendo as escarpas montanhosas de difícil acesso às porções mais preservadas (Rocha et al. 2003; Campanili and Prochnow 2006). A vegetação da área é a Floresta Ombrófila Densa (Veloso et al. 1991; IBAMA 2007; INEA 2009), na qual são reconhecidas quatro fitofisionomias relacionadas à altitude

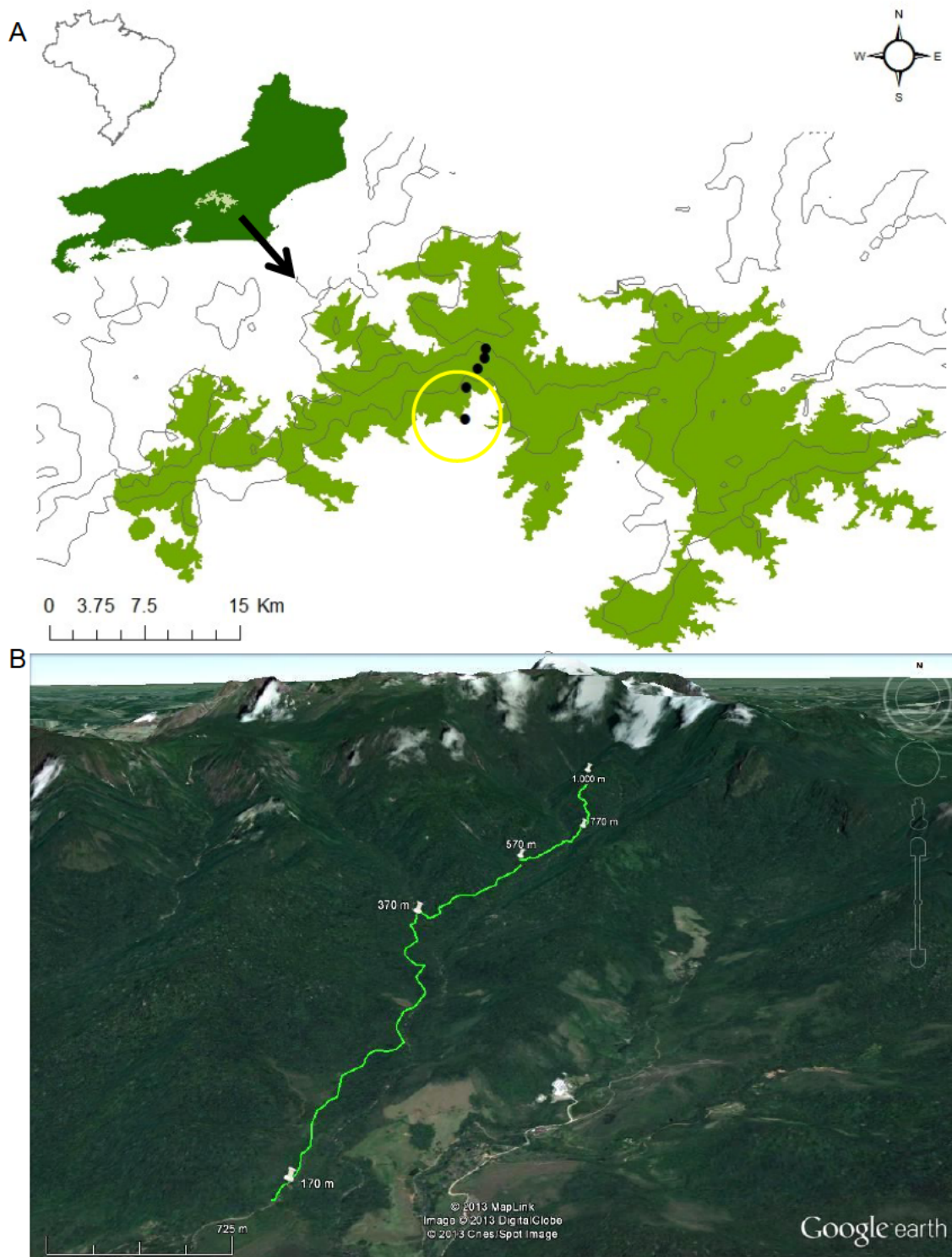
(Oliveira-Filho and Fontes 2000; IBAMA 2007; INEA 2009). Essa diversidade de ambientes, juntamente com a amplitude altitudinal e a elevada umidade são fatores que contribuem para os elevados índices de biodiversidade da região (Rocha et al. 2003; Bergallo et al. 2009; INEA 2009).

Nessa área, realizamos o estudo em uma encosta localizada em duas áreas de conservação ambiental contíguas: a Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA) e o Parque Estadual dos Três Picos (PETP) (Figura 20). A REGUA é uma propriedade privada (Bernardo 2010), que, atualmente, possui área de 7.200 ha (Bernardo 2010) e variação altitudinal de 30 a 2.200 m (Pimentel and Olmos 2011). A floresta que cobre a reserva possui diferentes níveis de conservação (Rocha et al. 2007), sendo a maior parte (95%) composta por remanescentes florestais bem preservados, principalmente, nas áreas mais íngremes (Rocha et al. 2007; Bernardo 2010; Azevedo 2012). A partir de 400 m de altitude, as áreas da REGUA foram incorporadas ao PETP (Rocha et al. 2003; Mallet-Rodrigues and Noronha 2003, 2009; Pimentel and Olmos 2011). O PETP é a maior unidade de conservação estadual do Rio de Janeiro, possuindo área de 46.350 ha e variação de 100 a 2.310 m de altitude (INEA 2009). A vegetação do PETP é predominantemente de crescimento secundário, além de conservar grande porção de áreas cobertas por florestas maduras nas altitudes mais elevadas (Mallet-Rodrigues and Noronha 2009).

Nessa encosta, selecionamos cinco pontos amostrais a cada 200 m de altitude nas fitofisionomias floresta baixo montana e floresta montana (Figura 20). Determinamos os locais dos pontos de amostragem em uma das principais trilhas da reserva (trilha verde), que possui mais de 4,8 km de extensão (Pimentel and Olmos 2011). Colocamos o primeiro ponto a 170 m de altitude (W 42°44'19.8", S 22°25'07") na borda da mata e o segundo, a 370 m de altitude (W 42°44'17", S 22°23'57") a mais de 1.000 m de distância do primeiro. Ambas as altitudes possuíam vegetação alterada. Segundo Pimentel and Olmos (2011), as áreas de baixada (até 500 m) da REGUA possuem vegetação de crescimento secundário tardio (mais de 25 anos) com muitas leguminosas, mirtáceas, palmeiras (como *Astrocaryum aculeatissimum* e *Euterpe edulis*) e fragmentos de velhas plantações de banana (*Musa* sp.) e jaca (*Artocarpus hetherophilus*). Poucas epífitas são observadas, enquanto que as áreas úmidas ao longo de riachos possuem densa vegetação com Maranthaceae e Heliconiaceae, que atraem beija-flores (Pimentel and Olmos 2011). Os demais pontos estavam a 570 m (W

42°43'51", S 22°23'17"), 770 m (W 42°43'28", S 22°22'37") e a 1.000 m de altitude (W 42°43'28", S 22°22'20). Amostramos em 1.000 m altitude em vez de 970 m, para manter os 200 m de altitude entre um ponto e outro, pois nesse local a encosta era bastante íngreme (o que também dificultou a colocação das redes). Nessas três altitudes mais elevadas, a floresta é madura, principalmente, acima de 600 m de altitude, onde são frequentes muitas epífitas (especialmente bromélias), Myrtaceae, Sapotaceae, Lauraceae, árvores de grande porte (como o jequitibá-branco, *Cariniana estrellensis*), palmeiras de palmito (*Euterpe edulis*) e bambus gigantes (*Guadua* spp.) (Pimentel and Olmos 2011).

Figura 20 – Área de estudo: Reserva Ecológica Guapiaçu e Parque Estadual dos Três Picos.



Legenda: (A) Parque Estadual dos Três picos (em verde claro) e Reserva Ecológica de Guapiaçu (localização da reserva representada pelo círculo amarelo), com destaque para as cinco altitudes amostradas (pontos pretos) e as curvas de nível a cada 500 m de altitude (linhas cinzas). (B). Imagem de satélite da trilha (linha verde) e das altitudes amostradas (marcadores brancos)

Fonte: Imagem de satélite - Google Earth, 2013.

3.2.2 Amostragem das aves de sub-bosque

Para o estudo das aves que utilizam o sub-bosque, realizamos amostragens bimestrais de julho/2010 a junho/2011 e, para aumentar o esforço amostral, realizamos amostragens mensais de agosto/2011 a julho/2012. Utilizamos o método de captura-marcação-recaptura em redes de neblina (Bibby et al. 2000) durante as primeiras horas da manhã, que corresponde ao pico de atividade das aves florestais (Sick 1997; Bibby et al. 1998). Realizamos as capturas das aves com dez redes de neblina (12 x 2,5 m, malha de 32 mm) expostas por um período de sete horas/dia em cada ponto amostral por mês dispostos em uma trilha, geralmente, perpendicular às curvas de nível. O esforço amostral durante essas 18 amostragens foi de 6.300 horas-rede (189.000 h.m² calculado de acordo com Straube and Bianconi 2003), sendo 1.260 horas-rede (37.800 h.m²) por altitude.

Essa metodologia de amostragem pode ser alvo de diversas críticas (exemplo Remsen and Good 1996) por ser seletiva, fornecendo uma imagem parcial da comunidade (Develey 2004). Apesar disso, esse é um método eficiente, pois possibilita a marcação de indivíduos, permite amostragem da maioria das aves de sub-bosque, aumenta a chance de amostrar aves que raramente vocalizam e possibilita a manutenção da homogeneidade na qualidade dos dados (Bibby et al. 1998; Bibby et al. 2000; Gregory et al. 2004). Mesmo com a amostragem parcial das aves de sub-bosque (Remsen and Good 1996; Young et al. 1998; Develey 2004), bem como com as capturas de aves que não usem exclusivamente o sub-bosque nas redes (Loiselle and Blake 1991), denominamos as aves capturadas como comunidade de aves de sub-bosque. Essa denominação abrangente incluiu tanto as aves que frequentemente utilizam o sub-bosque (aves de sub-bosque, Willis 1979; Sick 1997), como as aves que ocasionalmente utilizam esse estrato.

Identificamos as aves capturadas, quando necessário, com os guias de campo: Meyer de Schauensee (1970), Ridgely and Tudor (1994), Erize et al. (2006), Sigrist (2007) e Van Perlo (2009). Marcamos individualmente os espécimes capturados com anilhas metálicas fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa para a Conservação das Aves Silvestres (CEMAVE).

Classificamos as aves capturadas quanto à categoria trófica baseadas em: Moojen et al. (1941), Schubart (1965), Motta Jr (1990), Del Hoyo et al. (1994), Thiollay (1994), Machado and Lamas (1996), Del Hoyo et al. (1997), Sick (1997), Del Hoyo et al. (1999, 2001, 2002), Piratelli and Pereira (2002), Del Hoyo et al.(2003, 2004), Naka (2004), Del Hoyo et al.(2005), Durães and Marini (2005), Lopes et al. (2005), Manhães (2007), Vecchi (2007), Del Hoyo et al.(2010), Manhães et al. (2010) e Del Hoyo et al. (2011). Com base nesses estudos, consideramos as categorias: carnívoro (aves que se consomem estritamente ou principalmente vertebrados e/ou invertebrados não artrópodes), frugívoro (aves que consomem estritamente ou principalmente frutos), granívoro (aves que consomem estritamente ou principalmente sementes), insetívoro (aves que consomem estritamente ou principalmente insetos e outros artrópodes), insetívoro/frugívoro (aves que consomem frutos, insetos e outros artrópodes, muitas vezes, sem informação para a proporção consumida desses itens), nectarívoro (aves que consomem estritamente ou principalmente néctar) e onívoro (aves que consomem uma variedade de matéria animal e vegetal).

Buscamos, ainda, informações sobre deslocamentos de curta duração (principalmente, sobre os deslocamentos altitudinais) das aves capturadas na literatura científica: Sick (1983), Del Hoyo et al. (1994, 1997), Sick (1997), Del Hoyo et al. (1999, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005), Alves (2007), Mallet-Rodrigues et al. (2010) e Del Hoyo et al. (2010, 2011).

Seguimos a nomenclatura e a classificação taxonômicas estabelecidas pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO 2011) e utilizamos Bencke et al. (2006) para categorizar as espécies endêmicas de Mata Atlântica. Consultamos o *status* de conservação global das aves com base nas informações disponíveis pela *International Union for Conservation of Nature* IUCN (IUCN 2012; acesso em 26 de março de 2013).

3.2.3 Amostragem dos beija-flores de sub-bosque

Durante o segundo ano de amostragem, além da captura-marcação-recaptura de aves (incluindo os beija-flores), também utilizamos, mensalmente, a metodologia de transecções lineares (Bibby et al. 1998; Gregory et al. 2004) para complementar a

amostragem dos beija-flores de sub-bosque. Para a primeira metodologia de amostragem, realizamos um esforço amostral de 4.200 horas-rede (126.000 h.m²), sendo 840 horas-rede (25.200 h.m²) por altitude apenas no segundo ano de amostragem (12 amostragens por altitude).

O método de transecções lineares (também chamado de transecções) consistiu em percorrer a pé, com velocidade constante, uma trilha pré-determinada, registrando, continuamente, as aves observadas (Gregory et al. 2004). Demarcamos nossas transecções, de 400 m de extensão, na trilha principal a partir do local onde colocávamos as redes ornitológicas (sendo 200 m a partir do ponto inicial e final das redes), geralmente, perpendiculares às curvas de nível. Percorríamos essas transecções em aproximadamente uma hora, durante a qual observamos os beija-flores, quando possível, com binóculos (Nikon 8x40) e registramos, também, suas vocalizações por meio de gravações de filmes em câmera fotográfica (Canon Powershot SX). Registramos apenas os beija-flores no sub-bosque (de zero a três metros de altura). Para cada registro, anotamos a espécie, o tipo de registro (visual ou vocal) e o número de indivíduos e visitas às flores. Para cada uma das altitudes, obtivemos o esforço de, aproximadamente, 12 horas de observação, totalizando, aproximadamente, 60 horas de observação.

3.2.4 Análise dos dados

3.2.4.1 Aves de sub-bosque

Registramos a riqueza de espécies e a abundância de indivíduos das aves capturadas por altitude amostrada e a riqueza e a abundância totais (somando as altitudes). Em cada altitude amostrada, estimamos a abundância das espécies com base no número de indivíduos capturados, excluindo as recapturas. Calculamos a proporção relativa dos indivíduos de cada espécie por meio do índice de Berger-Paker (Magurran 2004) e calculamos o número hipotético de indivíduos por espécie, representando a equitabilidade máxima.

Avaliamos a eficiência amostral realizada no nosso estudo em cada altitude por meio do uso de curvas de acumulação de espécies e de estimadores de riqueza não-

paramétricos, baseados na abundância das espécies Chao 1 e ACE (Magurran 2004; Gotelli and Colwell 2011). Utilizamos o Programa EstimateS versão 9 (Colwell 2013) para essas estimativas, empregando cada dia das campanhas no mês como unidade amostral. Como observamos considerável quantidade de espécies raras nas nossas amostragens, utilizamos o fator de correção proposto por Lopez et al. (2012). Esse fator de correção reduz o viés nas estimativas de riqueza por meio do uso da relação entre a intensidade amostral e a proporção de espécies amostradas por apenas um indivíduo (*singletons*). Assim, denominamos os estimadores com o fator de correção como Chao 1 P e ACE P (Lopez et al. 2012).

Para as análises estatísticas, primeiramente avaliamos o padrão de distribuição (teste de normalidade Shapiro-Wilk) e a distribuição das variâncias dos dados (teste de Levene) (Zar 2010) no programa *Statistica 7.1* (Statsoft 2005). Alguns dados não possuíam distribuição normal e nem homogeneidade de variância, mesmo após sua transformação logarítmica. Portanto, para esses, utilizamos testes não paramétricos.

Nas análises estatísticas nas quais levamos em consideração o número de indivíduos capturados por espécie, excluimos as recapturas do mesmo dia e usamos a taxa de captura ao invés da abundância absoluta ou relativa. A taxa de captura corresponde ao número de aves capturadas em 100 horas-rede, sendo uma hora-rede equivalente a uma rede de 12 m do comprimento exposta (rede aberta) por uma hora. Portanto, essa medida relaciona o número de indivíduos capturados de cada espécie com o esforço de cada amostra, refletindo as mudanças na abundância e no comportamento das aves de sub-bosque (Blake and Rouges 1997; Stouffer et al. 2006). Essa medida é mais acurada para mostrar mudanças no número de indivíduos do que a abundância relativa, pois é independente da representatividade de outras aves da amostra (Martin and Karr 1986).

Avaliamos a relação entre a altitude e os parâmetros da comunidade de aves de sub-bosque (riqueza e abundância de todas as espécies e das espécies separadas por categorias tróficas) utilizando análise de regressão simples (Zar 2010). Para avaliar as diferenças da riqueza ou taxa de captura de aves entre as altitudes amostradas, utilizamos análises de variância: ANOVA ou Kruskal Wallis. Quando encontramos diferenças significativas, avaliamos quais os pares de altitudes diferiram estatisticamente utilizando *post hoc* os testes de Tukey ou Mann-Whitney (para ANOVA ou Kruskal Wallis, respectivamente).

Calculamos a diversidade β (taxa da mudança da composição de espécies) entre as cinco altitudes amostradas por meio do Índice de Sorensen, no programa *EstimateS* versão 9 (Colwell 2013). Analisamos as similaridades na composição das espécies entre as altitudes por meio da análise de agrupamento. Para isso, utilizamos o coeficiente de similaridade de Morisita (Magurran 2004), associado à regra de ligação da média aritmética não ponderada (UPGMA, da sigla em inglês). Realizamos essa análise no programa PAST 2.17b (Hammer et al. 2001).

Também, analisamos qualitativamente os deslocamentos altitudinais, por meio do registro de captura e recaptura de indivíduos nas diferentes altitudes estudadas durante o período de amostragem dos dados (ao longo de dois anos). Além disso, registramos a variação temporal na taxa de captura de aves para as quais obtivemos registros (empíricos ou a partir de dados de literatura) desse tipo deslocamento. Realizamos análise da variação temporal apenas das espécies com mais de 10 indivíduos capturados.

3.2.4.2 Beija-flores de sub-bosque

Na análise da riqueza e da composição de beija-flores, utilizamos os dois métodos de amostragem conjuntamente (capturas em redes de neblina e transecções durante 12 meses) para fazermos a relação total da riqueza e da composição das espécies com a altitude. Para a representação da distribuição altitudinal das espécies, utilizamos a interpolação da presença das espécies nas altitudes intermediárias às altitudes de ocorrência das espécies. Esse método, denominado de interpolação da presença de espécies, tem sido amplamente utilizado em investigações sobre o padrão de riqueza de espécies ao longo de gradientes altitudinais (Rahbek 1995; Vetaas and Grytines 2002; McCain 2009a). Entretanto, a interpolação não foi utilizada nas análises estatísticas.

Não avaliamos a abundância de indivíduos ao utilizar ambas as metodologias para evitar a pseudorreplificação dos dados, já que nossas transecções possuíam 400 m de extensão e estavam dispostas próximas às redes. Com isso, avaliamos apenas a riqueza de espécies de beija-flores amostradas nas duas metodologias utilizando as mesmas análises relatadas na seção anterior das análises dos dados (item 3.2.4.1). Todavia,

utilizamos os estimadores de riqueza Jackknife 1 P, com o fator de correção para dados com muitas espécies raras (Magurran 2004; Gotelli and Colwell 2011; Lopez et al. 2012).

3.3 Resultados

3.3.1 Aves de sub-bosque

3.3.1.1 Riqueza e abundância

Realizamos 1.411 capturas e recapturas de 1.030 indivíduos pertencentes a 95 espécies de aves distribuídas em 30 famílias (Tabela 13). Capturamos um maior número de espécies das famílias Furnariidae, Thamnophilidae, Trochilidae, Rhynchocyclidae e Dendrocolaptidae (com 11, 11, 10, 8 e 7 espécies, respectivamente).

Separando a riqueza de espécies entre as cinco altitudes amostradas (Tabela 14), encontramos a menor riqueza em 170 m de altitude ($n= 31$), sendo Rhynchocyclidae, Thamnophilidae e Trochilidae as famílias com maior riqueza (quatro espécies de cada família). Em 370 m, capturamos 47 espécies, sendo o maior número de espécies registrado nas famílias Rhynchocyclidae e Trochilidae (cinco espécies em cada). Capturamos 41 espécies em 570 m, sendo Dendrocolaptidae e Furnariidae as famílias mais representativas em número de espécies (cinco espécies em ambas). Em 770 m, observamos a maior riqueza de espécies ($N= 55$), sendo Trochilidae, Furnariidae e Dendrocolaptidae as famílias com maior riqueza (oito, sete e cinco espécies, respectivamente). Em 1.000 m de altitude, capturamos 50 espécies, sendo Furnariidae, Trochilidae, Dendrocolaptidae e Thamnophilidae as famílias nas quais capturamos maior número de espécies (sete, sete, seis e seis espécies, respectivamente).

Tabela 13 – Lista das espécies e abundância das aves capturadas no sub-bosque das cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos (continua).

Família Espécie	Nome popular	End	Altitude (m)					Categoria trófica
			170	370	570	770	1000	
Odontophoridae								
<i>Odontophorus capueira</i> (Spix, 1825)	Uru	X					1	IF
Falconidae								
<i>Micrastur ruficollis</i> (Vieillot, 1817)	Falcão-caburé				1			CA
Columbidae								
<i>Geotrygon montana</i> (Linnaeus, 1758)	Pariri			2	5	3		F
<i>Leptotila rufaxilla</i> (Richard & Bernard, 1792)	Juriti-gemeadeira			1	1	1		IF*
Strigidae								
<i>Glaucidium minutissimum</i> (Wied, 1830)	Caburé-miudinho	X					1	P
Apodidae								
<i>Chaetura cinereiventris</i> Sclater, 1862	Andorinhão-de-sobre-cinzento					1		I
Trochilidae								
<i>Amazilia versicolor</i> (Vieillot, 1818)	Beija-flor-de-banda-branca				1	3		N
<i>Clytolaema rubricauda</i> (Boddaert, 1783)	Beija-flor-rubi	X				6	11	N
<i>Florisuga fusca</i> (Vieillot, 1817)	Beija-flor-preto	X		1		2		N
<i>Glaucis hirsutus</i> (Gmelin, 1788)	Balança-rabo-de-bico-torto		1					N
<i>Leucochloris albicollis</i> (Vieillot, 1818)	Beija-flor-de-papo-branco	X				1	1	N
<i>Phaethornis eurynome</i> (Lesson, 1832)	Rabo-branco-de-garganta-rajada	X	3	1	1	6	21	N
<i>Phaethornis squalidus</i> (Temminck, 1822)	Rabo-branco-pequeno	X		2	2	2	1	N
<i>Ramphodon naevius</i> (Dumont, 1818)	Beija-flor-rajado	X	15	11	19	12	1	N
<i>Stephanoxis lalandi</i> (Vieillot, 1818)	Beija-flor-de-topete	X					1	N
<i>Thalurania glaucopis</i> (Gmelin, 1788)	Beija-flor-de-fronte-violeta	X	2	9	5	10	5	N
Trogonidae Lesson, 1828								
<i>Trogon rufus</i> Gmelin, 1788	Surucuá-de-barriga-amarela						1	O
Momotidae								
<i>Baryphthengus ruficapillus</i> (Vieillot, 1818)	Juruva-verde	X	1	2	1	1		O

Continuação

Família Espécie	Nome popular	End	Altitude (m)					Categoria trófica
			170	370	570	770	1000	
Ramphastidae								
<i>Selenidera maculirostris</i> (Lichtenstein, 1823)	Araçari-poca	X				9	1	F
Picidae								
<i>Veniliornis maculifrons</i> (Spix, 1824)	Picapauzinho-de-testa-pintada	X				1		I
Thamnophilidae								
<i>Batara cinerea</i> (Vieillot, 1819)	Matracão					1		CA
<i>Drymophila ochropyga</i> (Hellmayr, 1906)	Choquinha-de-dorso-vermelho	X					3	I
<i>Drymophila squamata</i> (Lichtenstein, 1823)	Pintadinho	X		1				I
<i>Dysithamnus mentalis</i> (Temminck, 1823)	Choquinha-lisa				2	9	7	I
<i>Mackenziaena severa</i> (Lichtenstein, 1823)	Borralhara	X					1	CA
<i>Myrmeciza loricata</i> (Lichtenstein, 1823)	Formigueiro-assobiador	X					2	I
<i>Myrmotherula axillaris</i> (Vieillot, 1817)	Choquinha-de-flanco-branco		3					I
<i>Myrmotherula gularis</i> (Spix, 1825)	Choquinha-de-garganta-pintada	X	2	9				I
<i>Myrmotherula minor</i> Salvadori, 1864	Choquinha-pequena	X			2			I
<i>Myrmotherula unicolor</i> (Ménétriès, 1835)	Choquinha-cinzenta	X	2	2				I
<i>Pyriglena leucoptera</i> (Vieillot, 1818)	Papa-taoca-do-sul	X	1	7		3	11	I
Conopophagidae								
<i>Conopophaga lineata</i> (Wied, 1831)	Chupa-dente	X					3	I
<i>Conopophaga melanops</i> (Vieillot, 1818)	Cuspidor-de-máscara-preta	X	7	6	5	7	4	I
Grallariidae								
<i>Grallaria varia</i> (Boddaert, 1783)	Tovacuçu				1			CA**
Formicariidae								
<i>Chamaeza campanisona</i> (Lichtenstein, 1823)	Tovaca-campainha				1	3		I
<i>Formicarius colma</i> Boddaert, 1783	Galinha-do-mato				4	1		I
Scleruridae								
<i>Sclerurus scansor</i> (Ménétriès, 1835)	Vira-folha	X		5	5	7	2	I
Dendrocolaptidae								
<i>Campylorhamphus falcularius</i> (Vieillot, 1822)	Arapaçu-de-bico-torto	X			1	0	2	I*
<i>Dendrocincla turdina</i> (Lichtenstein, 1820)	Arapaçu-liso	X		9	8	11	2	I

Continuação

Família Espécie	Nome popular	End	Altitude (m)					Categoria trófica
			170	370	570	770	1000	
Dendrocolaptidae								
<i>Dendrocolaptes platyrostris</i> Spix, 1825	Arapaçu-grande			1		3		I
<i>Lepidocolaptes squamatus</i> (Lichtenstein, 1822)	Arapaçu-escamado	X					1	I*
<i>Sittasomus griseicapillus</i> (Vieillot, 1818)	Arapaçu-verde		2	7	3	7	15	I
<i>Xiphocolaptes albicollis</i> (Vieillot, 1818)	Arapaçu-de-garganta-branca				1	2	2	I
<i>Xiphorhynchus fuscus</i> (Vieillot, 1818)	Arapaçu-rajado	X	2	8	8	12	7	I
Furnariidae								
<i>Anabacerthia amaurotis</i> (Temminck, 1823)	Limpa-folha-miúdo	X				13	5	I
<i>Anabazenops fuscus</i> (Vieillot, 1816)	Trepador-coleira	X				3	8	I
<i>Automolus leucophthalmus</i> (Wied, 1821)	Barranqueiro-de-olho-branco	X		6	5	1		I
<i>Cichlocolaptes leucophrus</i> (Jardine & Selby, 1830)	Trepador-sobrancelha	X				1		I
<i>Lochmias nematura</i> (Lichtenstein, 1823)	João-porca			2				I
<i>Philydor atricapillus</i> (Wied, 1821)	Limpa-folha-coroado	X	1	9	4	5		I
<i>Philydor lichtensteini</i> Cabanis & Heine, 1859	Limpa-folha-ocráceo	X			1	2	1	I
<i>Philydor rufum</i> (Vieillot, 1818)	Limpa-folha-de-testa-baia						2	I
<i>Synallaxis ruficapilla</i> Vieillot, 1819	Pichororé	X					4	I
<i>Syndactyla rufosuperciliata</i> (Lafresnaye, 1832)	Trepador-quiete						3	I
<i>Xenops minutus</i> (Sparrman, 1788)	Bico-virado-miúdo		1	4	2	4	2	I
Pipridae								
<i>Chiroxiphia caudata</i> (Shaw & Nodder, 1793)	Tangará	X	8	24	7	14	13	IF
<i>Ilicura militaris</i> (Shaw & Nodder, 1809)	Tangarazinho	X		1		1	1	F
<i>Manacus manacus</i> (Linnaeus, 1766)	Rendeira		5	2				F
Tityridae								
<i>Myiobius barbatus</i> (Gmelin, 1789)	Assanhadinho		5	2	5	3	5	I
<i>Schiffornis virescens</i> (Lafresnaye, 1838)	Flautim	X					1	IF*
Cotingidae								
<i>Carpornis cucullata</i> (Swainson, 1821)	Corocochó	X					1	F

Continuação

Família Espécie	Nome popular	End	Altitude (m)					Categoria trófica
			170	370	570	770	1000	
<i>Incertae sedis</i>								
<i>Platyrynchus leucoryphus</i> Wied, 1831	Patinho-gigante	X		3	2	1		I
<i>Platyrynchus mystaceus</i> Vieillot, 1818	Patinho		3	10	13	12	17	I
Rhynchocyclidae								
<i>Corythopis delalandi</i> (Lesson, 1830)	Estalador		5					I
<i>Hemitriccus diops</i> (Temminck, 1822)	Olho-falso	X					1	IF
<i>Hemitriccus orbitatus</i> (Wied, 1831)	Tiririzinho-do-mato	X		3				I
<i>Leptopogon amaurocephalus</i> Tschudi, 1846	Cabeçudo		2	5	4	4	4	IF
<i>Mionectes oleagineus</i> (Lichtenstein, 1823)	Abre-asa		11	16				IF
<i>Mionectes rufiventris</i> Cabanis, 1846	Abre-asa-de-cabeça-cinza	X	2	14	9	12		IF
<i>Phylloscartes oustaleti</i> (Sclater, 1887)	Papa-moscas-de-olheiras	X				4		I
<i>Tolmomyias sulphurescens</i> (Spix, 1825)	Bico-chato-de-orelha-preta			2		1		I
Tyrannidae								
<i>Attila rufus</i> (Vieillot, 1819)	Capitão-de-saíra	X		1	3	1		O
<i>Lathrotriccus euleri</i> (Cabanis, 1868)	Enferrujado		2	1	1	1	1	I
<i>Ramphotrigon megacephalum</i> (Swainson, 1835)	Maria-cabeçuda					1		I
Vireonidae								
<i>Vireo olivaceus</i> (Linnaeus, 1766)	Juruviara			2				IF
Turdidae								
<i>Turdus albicollis</i> Vieillot, 1818	Sabiá-coleira			2	4	8	2	IF
<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850	Sabiá-poca				1	2		O
<i>Turdus flavipes</i> Vieillot, 1818	Sabiá-una					8	6	IF
<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot, 1818	Sabiá-barranco		1					IF
<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot, 1818	Sabiá-laranjeira		1					IF
Thraupidae								
<i>Lanio cristatus</i> (Linnaeus, 1766)	Tiê-galo		2					IF
<i>Lanio melanops</i> (Vieillot, 1818)	Tiê-de-topete		2	21	9	31	28	O*
<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye, 1837	Trinca-ferro-verdadeiro						2	IF

Conclusão

Família Espécie	Nome popular	End	Altitude (m)					Categoria trófica
			170	370	570	770	1000	
<i>Tachyphonus coronatus</i> (Vieillot, 1822)	Tiê-preto	X				1		IF
<i>Tangara cyanoptera</i> (Vieillot, 1817)	Sanhaçu-de-encontro-azul	X					1	F
<i>Tangara desmaresti</i> (Vieillot, 1819)	Saira-lagarta	X					2	IF
Emberizidae								
<i>Haplospiza unicolor</i> Cabanis, 1851	Cigarra-bambu	X	1	1	2	20	9	G
<i>Tiaris fuliginosus</i> (Wied, 1830)	Cigarra-do-coqueiro						1	G
Cardinalidae								
<i>Habia rubica</i> (Vieillot, 1817)	Tiê-do-mato-grosso		4	6	9	5		IF
Parulidae								
<i>Basileuterus culicivorus</i> (Deppe, 1830)	Pula-pula					4	5	I
Icteridae								
<i>Cacicus haemorrhous</i> (Linnaeus, 1766)	Guaxe				1			O
Fringillidae								
<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus, 1766)	Fim-fim				2			F
<i>Euphonia pectoralis</i> (Latham, 1801)	Ferro-velho	X			2	1	2	F
<i>Euphonia violacea</i> (Linnaeus, 1758)	Gaturamo-verdadeiro		1		3			IF
<i>Euphonia xanthogaster</i> Sundevall, 1834	Fim-fim-grande		2		3			IF

Legenda: Espécies endêmicas (End); categorias tróficas: carnívoro (CA), frugívoro (F), granívoro (G), insetívoro (I), insetívoro/frugívoro (IF), ectarívoro (N) e onívoro (O);

Nota: * pouco conhecimento sobre os itens consumidos por essas espécies; ** pouco conhecimento. Registros que se alimentam de invertebrados (artrópodes, minhocas e outros). A identificação taxonômica seguiu o CBRO, 2011.

Dentre as espécies capturadas, 53% são endêmicas de Mata Atlântica (N= 50), sendo 1.000 m a altitude com o maior número de espécies endêmicas (N= 34, que correspondeu a 68% das espécies capturadas nessa altitude) (Tabela 14). Dessas espécies endêmicas, a IUCN (2012) classifica *Myrmotherula minor* e *Platyrinchus leucoryphus* como vulneráveis à extinção e as espécies *Anabazenops fuscus*, *Capornis cucullata*, *Drymophila ochropyga*, *Hemitriccus orbitatus*, *Myrmotherula unicolor*, *Phylloscartes oustaleti*, *Ramphodon naevius* e *Tangara cyanoptera* como quase ameaçadas de extinção.

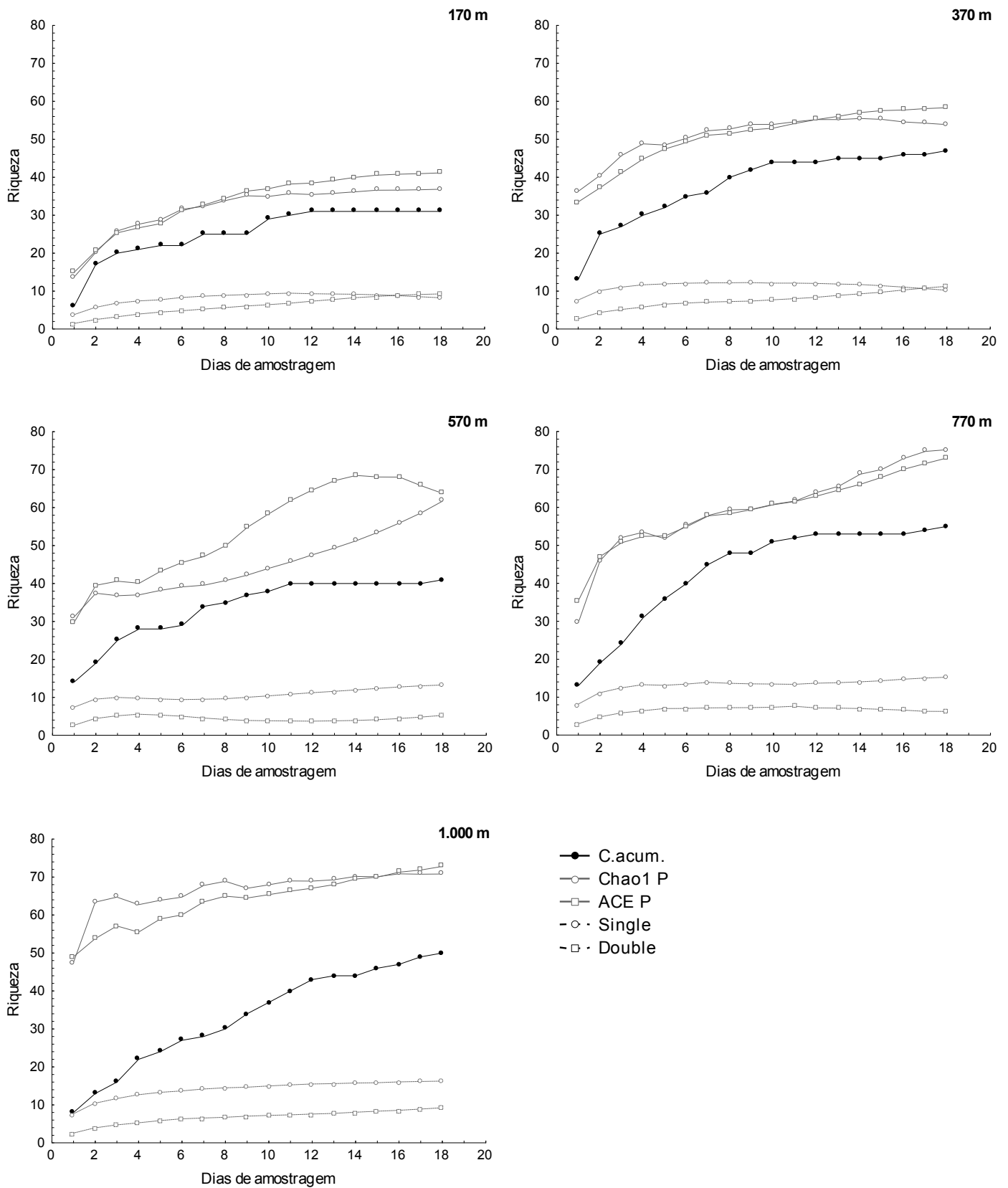
Tabela 14 – Riqueza, abundância e taxa de captura da comunidade de aves de sub-bosque nas cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.

Altitude (m)	Riqueza (endêmicas)	Abundância (recapturas)	Taxa de captura
170	31 (13)	101 (22)	9,76
370	47 (24)	237 (82)	25,32
570	41 (23)	170 (108)	22,06
770	55 (30)	287 (95)	22,38
1.000	50 (34)	235 (74)	24,52

Nota: o número de espécies endêmicas e de recapturas estão entre parênteses.

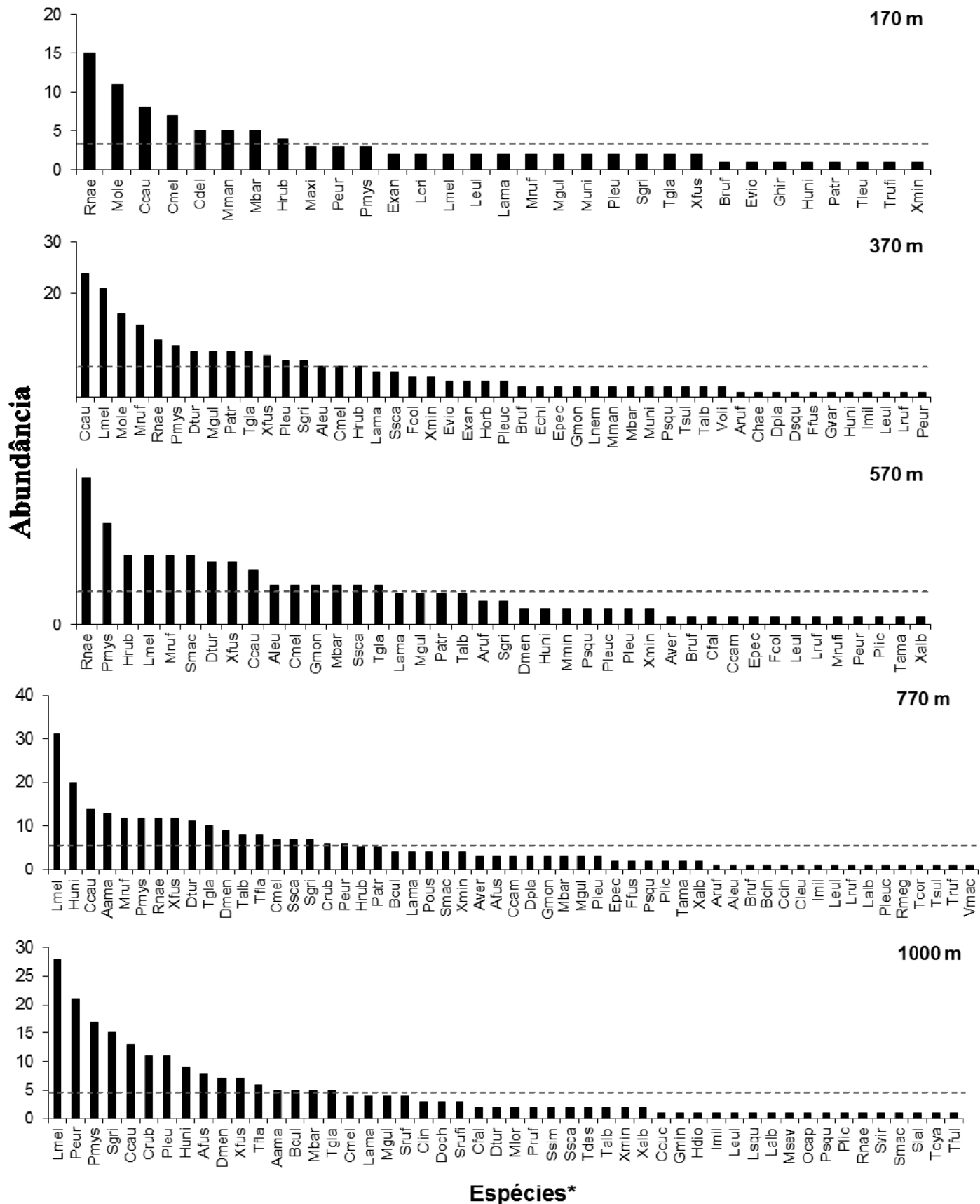
Observamos que as curvas de acumulação de espécies tenderam a estabilizar nas altitudes de 170, 370 e 1.000 m (Figura 21). Nas demais altitudes, o número de espécies continuou aumentando até as últimas amostragens. Contudo, os estimadores de riqueza revelaram maior riqueza estimada se comparada à riqueza observada em todas as altitudes, sendo essa diferença maior em 570, 770 e 1.000 m de altitude (estimativa com mais de 20 espécies adicionais). As riquezas observadas em 170, 370, 570, 770 e 1.000 m de altitude representaram de 66 a 87% das espécies estimadas pelo estimador Chao1 P (84, 87, 66, 73 e 71%, respectivamente) e de 64 a 81% da riqueza esperada pelo estimador ACE P (75, 81, 64, 75 e 69%, respectivamente). Também, observamos uma diminuição de *singletons* ao longo das amostragens em 170 e 370 m. Entretanto, nas demais altitudes (570, 770 e 1.000 m), o número de *singletons* aumentou com maior esforço de amostragem.

Figura 21 – Curva de acumulação (C.acum.) de espécies e estimadores de riqueza (Chao1 P e ACE P) de aves de sub-bosque baseadas no número de dias de amostragem em cinco altitudes na Reserva Ecológica de Guapiáçu e no Parque Estadual dos Três Picos.



A distribuição da abundância das espécies evidenciou a dominância de poucas espécies em cada uma das altitudes (Figura 22). Em 170 m de altitude, capturamos com maior frequência *R. naevius* (15 indivíduos capturados, que correspondem a 15% dos indivíduos capturados nessa altitude), *Mionectes oleagineus* (N= 11; 11%) e *Chiroxiphia caudata* (N= 8; 8%). Na altitude de 370 m, encontramos *C. caudata* (N= 24; 10%; endêmica), *Lanio melanops* (N= 21; 9%) e *M. oleagineus* (N= 16; 7%) como as espécies mais capturadas. Em 570m, capturamos maior abundância de *R. naevius* (N= 19; 11%), *Platyrrinchus mystaceus* (N= 13; 8%) e quatro espécies (*Habia rubica*, *L. melanops*, *Mionectes rufiventris*, *Selenidera maculirostris*), cada uma com nove indivíduos capturados, que correspondem a 5% das aves dessa altitude. Em 770 m, capturamos com maior frequência as espécies *L. melanops* (N= 31; 11%), *Haplospiza unicolor* (N= 20; 7%) e *C. caudata* (N= 14; 5%). Em 1.000 m de altitude, capturamos o maior número de indivíduos de *L. melanops* (N= 28; 12%), *Phaethornis eurynome* (N= 21; 9%) e *P. mystaceus* (N= 17; 7%).

Figura 22 – Abundância das espécies de aves capturadas no sub-bosque nas cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.

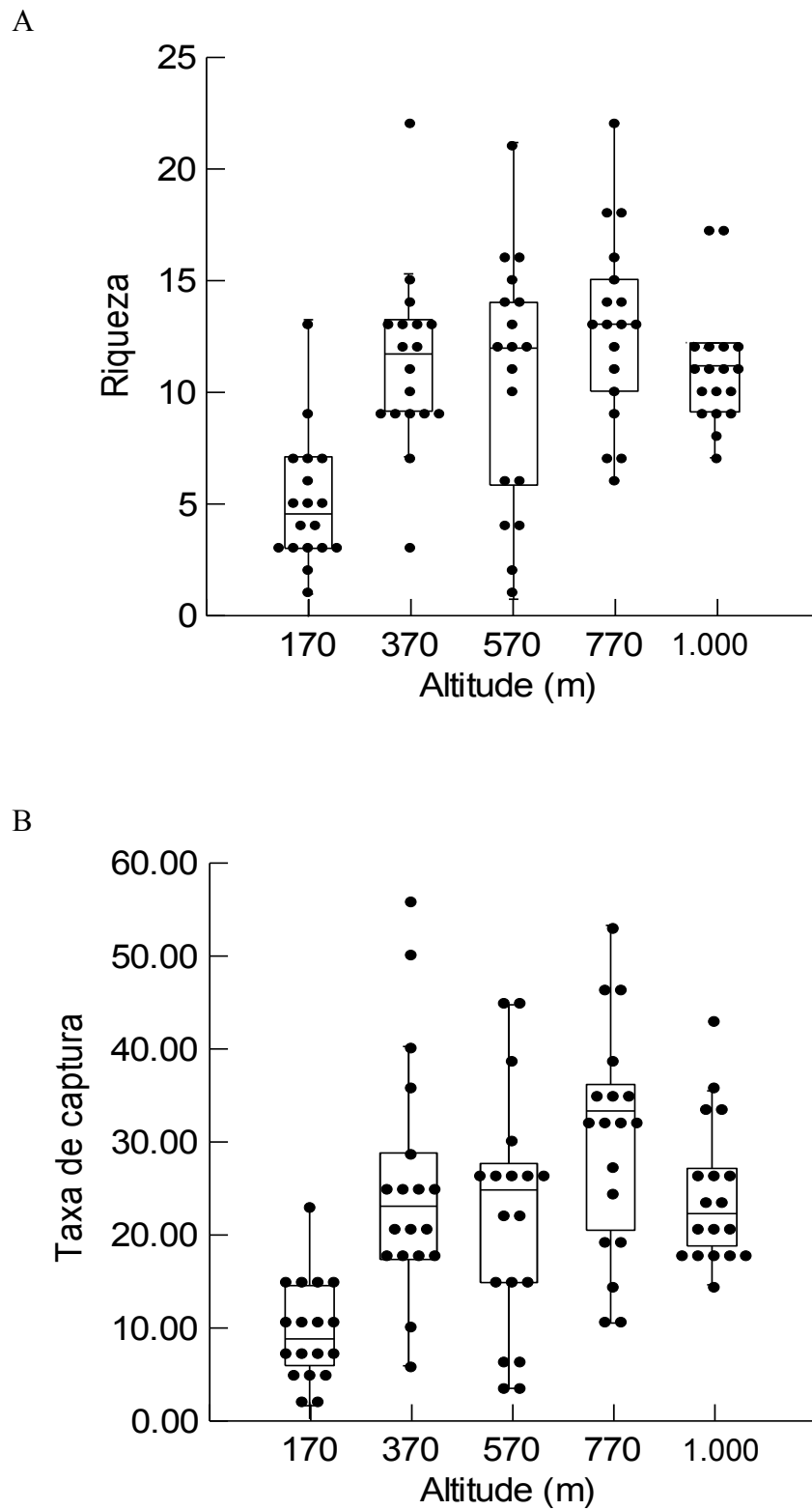


Legenda: * Espécies: Aver: *Amazilia versicolor*; Aama: *Anabacerthia amaurotis*; Afus *Anabazenops fuscus*; Aruf: *Attila rufus*; Aleu: *Automolus leucophthalmus*; Bruf: *Baryphthengus ruficapilla*; Bcul: *Basileuterus culicivorus*; Bcin: *Batara cinerea*; Chae: *Cacicus haemorrhous*; Cfal: *Campylorhamphus falcularius*; Ccuc: *Capornis cucullata*; Ccin: *Chaetura cinereiventris*; Ccam: *Chamaeza campanisona*; Ccau: *Chiroxiphia caudata*; Cleu: *Cichocolaptes leucophrus*; Crub: *Clytolaema rubricauda*; Cmel: *Conopophaga melanops*; Clin: *Conopophaga lineata*; Cdel: *Corythopsis delalandi*; Dtur: *Dendrocincla turdina*; Dpla: *Dendrocolaptes platyrostris*; Doch: *Drymophila ochropyga*; Dsqu: *Drymophila squamata*; Dmen: *Dysithamnus mentalis*; Echl: *Euphonia chlorotica*; Epec: *Euphonia pectoralis*; Evio: *Euphonia violácea*; Exan: *Euphonia xanthogaster*; Ffus: *Florisuga fusca*; Fcol: *Formicarius colma*; Gmon: *Geotrygon montana*; Gmin: *Glaucidium minutissimum*; Ghir: *Glaucis hirsutus*; Gvar: *Grallaria varia*; Hrub: *Habia rubica*; Huni: *Haplospiza unicolor*; Hdio: *Hemitriccus diops*; Horb: *Hemitriccus orbitatus*; Imil: *Illicura militares*; Lcri: *Lanio cristatus*; Lmel: *Lanio melanops*; Leul: *Lathrotriccus eulerei*; Lsqu: *Lepidocolaptes squamatus*; Lama: *Leptopogon amaurocephalus*; Lruf: *Leptotila rufaxilla*; Lalb: *Leucochloris albicollis*; Lnem: *Lochmias nematura*; Msev: *Mackenziaena severa*; Mman: *Manacus manacus*; Mrufi: *Micrastur ruficollis*; Mole: *Mionectes oleagineus*; Mruf: *Mionectes rufiventris*; Mbar: *Myiobius barbatus*; Mlor: *Myrmeciza loricata*; Maxi: *Myrmotherula axillaris*; Mgul: *Myrmotherula gularis*; Mmin: *Myrmotherula minor*; Muni: *Myrmotherula unicolor*; Ocap: *Odontophorus capueira*; Peur: *Phaethornis eurynome*; Psqu: *Phaethornis squalidus*; Pous: *Philloscartes oustalleti*; Patr: *Philydor atricapillus*; Plic: *Philydor lichtensteini*; Pruf: *Philydor rufum*; Pleuc: *Platyrinchus leucoryphus*; Pmys: *Platyrinchus mystaceus*; Pleu: *Pyriglena leucoptera*; Rmeg: *Ramphatrigon megacephalum*; Rnae: *Ramphodon naevius*; Ssim: *Saltator similis*; Svir: *Schiphornis virens*; Ssca: *Sclerurus scansor*; Smac: *Selenidera maculirostris*; Sgri: *Sittasomus griseicapillus*; Slal: *Stephanoxis lalandi*; Sruf: *Synalaxis ruficapilla*; Srufi: *Syndactyla rufosuperciliata*; Tcor: *Tachyphonus coronatus*; Tdem: *Tangara desmaresti*; Tgla: *Thalurania glaucopis*; Tcya: *Thraupis cyanoptera*; Tful: *Tiaris fuliginosus*; Tsul: *Tolmomyias sulphurescens*; Truf: *Trogon rufus*; Talb: *Turdus albicollis*; Tama: *Turdus amaurochalinus*; Tfla: *Turdus flavipes*; Tleu: *Turdus leucomelas*; Trufi: *Turdus rufiventris*; Vmac: *Veniliornis maculifrons*; Voli: *Vireo olivaceus*; Xmin: *Xenops minutus*; Xalb: *Xiphocolaptes albicollis*; Xfus: *Xiphorhynchus fuscus*.

Nota: A linha tracejada indica a abundância mais homogênea (equitabilidade máxima).

Ao compararmos a riqueza e a taxa de captura de aves de sub-bosque das cinco altitudes amostradas, observamos maior riqueza (e maior abundância) em 770 m e maior taxa de captura em 370 m, enquanto que em 170 m de altitude encontramos os menores valores de ambas as medidas (Tabela 14). Não encontramos relação significativa entre a riqueza de aves e a altitude ($R=0,61$; $N=5$; $F_{1,5}=4,59$; $P=0,12$) e nem entre a taxa de captura e a altitude ($R=0,43$; $N=5$; $F_{1,5}=2,29$; $P=0,23$) nas cinco altitudes amostradas. Entretanto, encontramos diferença estatisticamente significativa na riqueza de aves entre as cinco altitudes ($F_{4,90}=10,29$; $P<0,01$), sendo que, segundo o teste *post hoc* de Tukey, a diferença significativa ($P<0,05$) ocorreu entre 170 m e as demais altitudes (Figura 23 A). A taxa de captura de aves, também, foi estatisticamente diferente entre as altitudes estudadas ($H=28,90$; $DF: 4$; $P<0,01$), sendo as diferenças significativas observadas entre 170 m e as demais altitudes e entre 570 e 770 m de altitude (Tabela 15), reveladas *post hoc* pelo teste U de Mann-Whitney (Figura 23 B).

Figura 23 – Riqueza e taxa de captura mensal de aves de sub-bosque nas cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.



Legenda: (A) riqueza de espécies mensal por altitude; (B) taxa de captura de espécies mensal por altitude.

Tabela 15 – Análise da diferença na taxa de captura entre as altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos, utilizando o teste U de Mann-Whitney.

Altitudes comparadas (m)	U	N ₁ ; N ₂	P
170 x 370	29,00	18; 18	< 0,01
170 x 570	70,00	18; 18	< 0,01
170 x 770	20,50	18; 18	< 0,01
170 x 1.000	13,00	18; 18	< 0,01
370 x 570	149,50	18; 18	0,70
370 x 770	119,50	18; 18	0,18
370 x 1.000	156,00	18; 18	0,86
570 x 770	100,50	18; 18	0,05
570 x 1.000	147,00	18; 18	0,65
770 x 1.000	112,50	18; 18	0,12

Legenda: valor do teste (U), quantidade de amostras na primeira e segunda altitude avaliada (N₁ e N₂, respectivamente), valor de probabilidade (P, os valores estatisticamente significativos destacados em negrito).

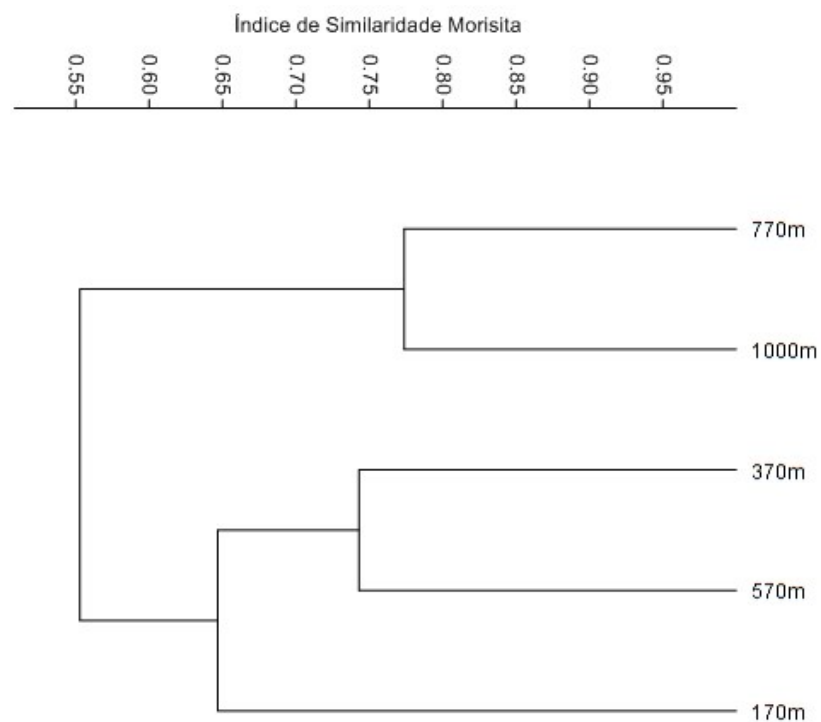
3.3.1.2 Composição das espécies: diversidade β

Registramos os maiores valores de diversidade β entre as altitudes de 170 m e 1.000 m (61%) e entre 370 e 1.000 m (57%), enquanto que os menores valores ocorreram entre 570 e 770 m (23%) e entre 370 e 570 m (30%) de altitude (Tabela 16). Com a análise de agrupamento da composição de espécies nas cinco altitudes amostradas, detectamos dois grandes grupos: um composto pelas espécies que ocorrem nas altitudes menos elevadas (170, 370 e 570 m) e outro composto pelas espécies das altitudes de 770 e 1.000 m (Figura 24).

Tabela 16 – Matriz com os valores da taxa de mudança na composição das espécies (diversidade β) entre as cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.

Altitudes (m)	170	370	570	770	1000
170	0				
370	0.36	0			
570	0.44	0.30	0		
770	0.54	0.33	0.23	0	
1.000	0.61	0.57	0.45	0.41	0

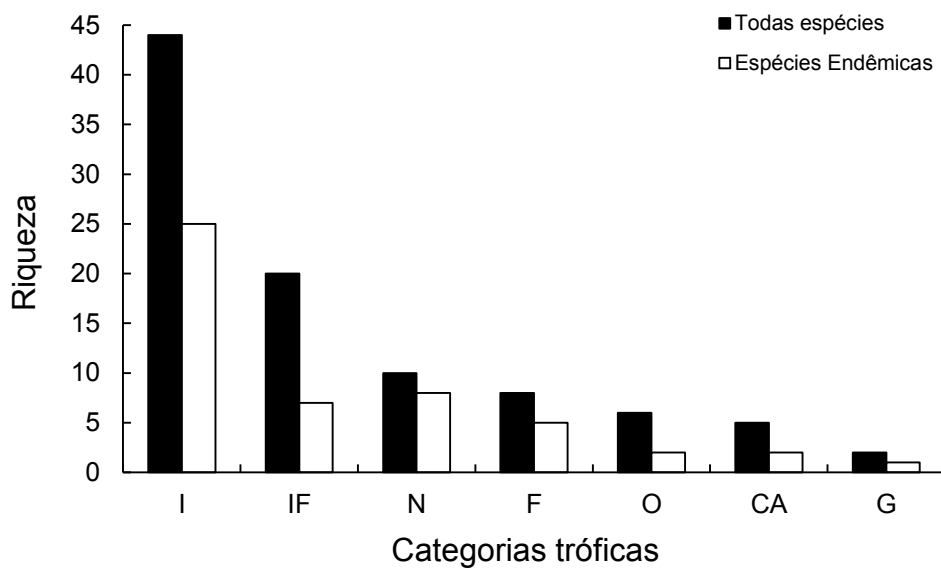
Figura 24 – Similaridade entre a composição de espécies de aves capturadas no sub-bosque nas cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.



3.3.1.3 Categorias tróficas

A categoria trófica dominante foi insetívoro, tanto pelo número de espécies (N= 44, sendo 25 endêmicas de Mata Atlântica) como pela abundância de indivíduos capturados (N= 703). As outras duas categorias mais representativas que registramos foram insetívoro/frugívoro (20 espécies, sete endêmicas; 322 indivíduos) e nectarívoro (10 espécies, 8 endêmicas; 177 indivíduos) (Figura 25).

Figura 25 – Riqueza de espécies nas diferentes categorias tróficas das aves capturadas no sub-bosque na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.



Legenda: categorias tróficas: insetívoro (I), insetívoro/frugívoro (IF), nectarívoro (N), frugívoro (F), onívoro (O), carnívoro (CA) e granívoro (G).

Encontramos a maioria das categorias tróficas nas cinco altitudes amostradas (Tabela 17), exceto carnívoro que não ocorreu à 170 m de altitude. Encontramos uma tendência de maior riqueza de aves insetívoras e nectarívoras nas altitudes mais elevadas (Figura 26), embora a relação tenha sido marginalmente significativa

(insetívoro $R= 0,74$; $F_{1,5}= 8,33$; $P= 0,06$; nectarívoro $R= 0,74$; $F_{1,5}= 8,32$; $P= 0,06$). Não houve relação significativa entre a riqueza de espécies das demais categorias tróficas e a altitude: frugívoro ($R= 0,27$; $F_{1,5}= 1,08$; $P= 0,38$), insetívoro/frugívoro ($R= 0,13$; $F_{1,5}= 0,45$ $P= 0,55$) (Figura 26). Não analisamos as demais categorias (carnívoro, granívoro e onívoro) devido ao pequeno número de espécies capturadas.

Observamos diferenças significativas na riqueza de aves das categorias: insetívoro, insetívoro/frugívoro e nectarívoro entre as diferentes altitudes amostradas (Tabela 18, Figura 27). Ao realizarmos *post hoc* o teste U de Mann-Whitney, observamos diferenças significativas entre os pares de altitudes: 170 e as demais altitudes para as aves insetívoras; 170 x 370 m, 170 x 770 m, 370 x 570 m e 370 x 1.000 m para as aves insetívoras/frugívoras; e entre 170 x 1.000 e 370 x 1.000 m de altitude para as aves nectarívoras (Tabela 19).

Tabela 17 – Riqueza e abundância das diferentes categorias tróficas das aves de sub-bosque amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.

Categorias tróficas	Altitude				
	170 m	370 m	570 m	770 m	1.000 m
Carnívoro					
Riqueza (End.)	0	1	1	1	2 (1)
Abund. (TC)	0 (0,00)	1 (0,08)	1 (0,08)	1 (0,08)	2 (0,16)
Frugívoro					
Riqueza (End.)	1	5 (2)	3 (2)	4 (3)	4 (4)
Abund. (TC)	5 (0,79)	9 (0,71)	15 (1,19)	10 (0,79)	4 (0,32)
Granívoro					
Riqueza (End.)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (1)
Abund. (TC)	1 (0,08)	1 (0,08)	2 (0,16)	20 (1,59)	10 (0,79)
Insetívoro					
Riqueza (End.)	13 (6)	21 (12)	21 (12)	28 (15)	25 (15)
Abund. (TC)	37 (3,41)	101 (12,62)	76 (11,90)	125 (14,13)	118 (13,73)
Insetívoro/frugívoro					
Riqueza (End.)	10 (2)	10 (2)	6 (2)	8 (3)	9 (5)
Abund. (TC)	34 (3,25)	76 (7,78)	34 (4,52)	53 (6,67)	32 (3,33)
Nectarívoro					
Riqueza (End.)	4 (3)	5 (5)	5 (4)	8 (7)	7 (7)
Abund. (TC)	21 (1,98)	24 (1,90)	28 (2,70)	42 (3,49)	41 (3,97)
Onívoro					
Riqueza (End.)	2 (1)	4 (2)	4 (2)	5 (2)	1
Abund. (TC)	3 (0,24)	25 (2,06)	14 (1,51)	36 (3,57)	28 (2,22)

Nota: o número de espécies endêmicas (End.) e a taxa de captura (TC) de indivíduos entre parênteses.

Tabela 18 – Diferenças na riqueza e na taxa de captura das categorias tróficas das aves capturadas no sub-bosque entre as cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.

	H	DF	P
Riqueza de espécies			
Frugívoro	2,89	4	0,58
Insetívoro	29,97	4	< 0,01
Insetívoro/frugívoro	14,75	4	< 0,01
Nectarívoro	9,53	4	0,05
Taxa de captura			
Frugívoro	3,42	4	0,49
Granívoro	17,90	4	< 0,01
Insetívoro	32,30	4	< 0,01
Insetívoro/frugívoro	15,24	4	< 0,01
Nectarívoro	8,84	4	0,08
Onívoro	20,184	4	< 0,01

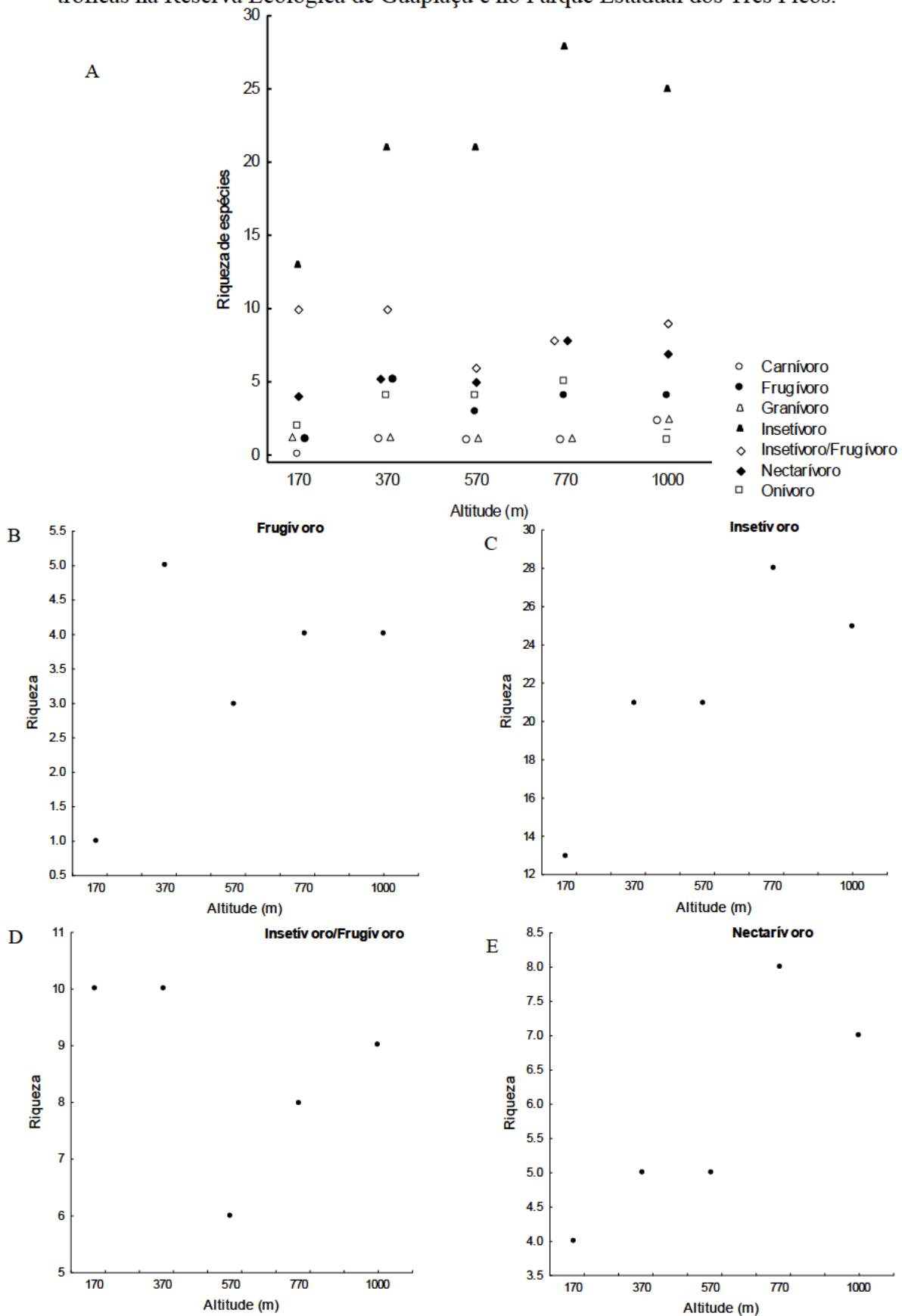
Legenda: valores da análise de variância (H), graus de liberdade (DF) e valores da probabilidade (P, destacados em negrito quando significativos).

Tabela 19 – Análise da diferença na riqueza de insetívoros, insetívoros/frugívoros e nectarívoros entre as altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos, utilizando o teste U de Mann-Whitney.

Categoria trófica	Altitudes comparadas (m)	U	N₁; N₂	P
Insetívoro	170 x 370	26,50	18; 18	< 0,01
	170 x 570	52,00	18; 18	< 0,01
	170 x 770	20,50	18; 18	< 0,01
	170 x 1.000	15,00	18; 18	< 0,01
	370 x 570	143,00	18; 18	0,53
	370 x 770	131,00	18; 18	0,34
	370 x 1.000	151,00	18; 18	0,74
	570 x 770	156,00	18; 18	0,86
	570 x 1.000	151,00	18; 18	0,74
	770 x 1.000	141,50	18; 18	0,52
Insetívoro/frugívoro	170 x 370	67,00	18; 18	< 0,01
	170 x 570	133,50	18; 18	0,37
	170 x 770	100,50	18; 18	0,05
	170 x 1.000	131,50	18; 18	0,34
	370 x 570	86,50	18; 18	0,01
	370 x 770	116,50	18; 18	0,15
	370 x 1.000	164,50	18; 18	< 0,01
	570 x 770	131,50	18; 18	0,34
	570 x 1.000	151,00	18; 18	0,74
	770 x 1.000	121,00	18; 18	0,21
Nectarívoro	170 x 370	157,00	18; 18	0,89
	170 x 570	139,50	18; 18	0,48
	170 x 770	106,50	18; 18	0,08
	170 x 1.000	95,50	18; 18	0,03
	370 x 570	141,00	18; 18	0,52
	370 x 770	108,00	18; 18	0,09
	370 x 1.000	91,00	18; 18	0,02
	570 x 770	123,00	18; 18	0,23
	570 x 1.000	106,50	18; 18	0,08
	770 x 1.000	157,00	18; 18	0,19

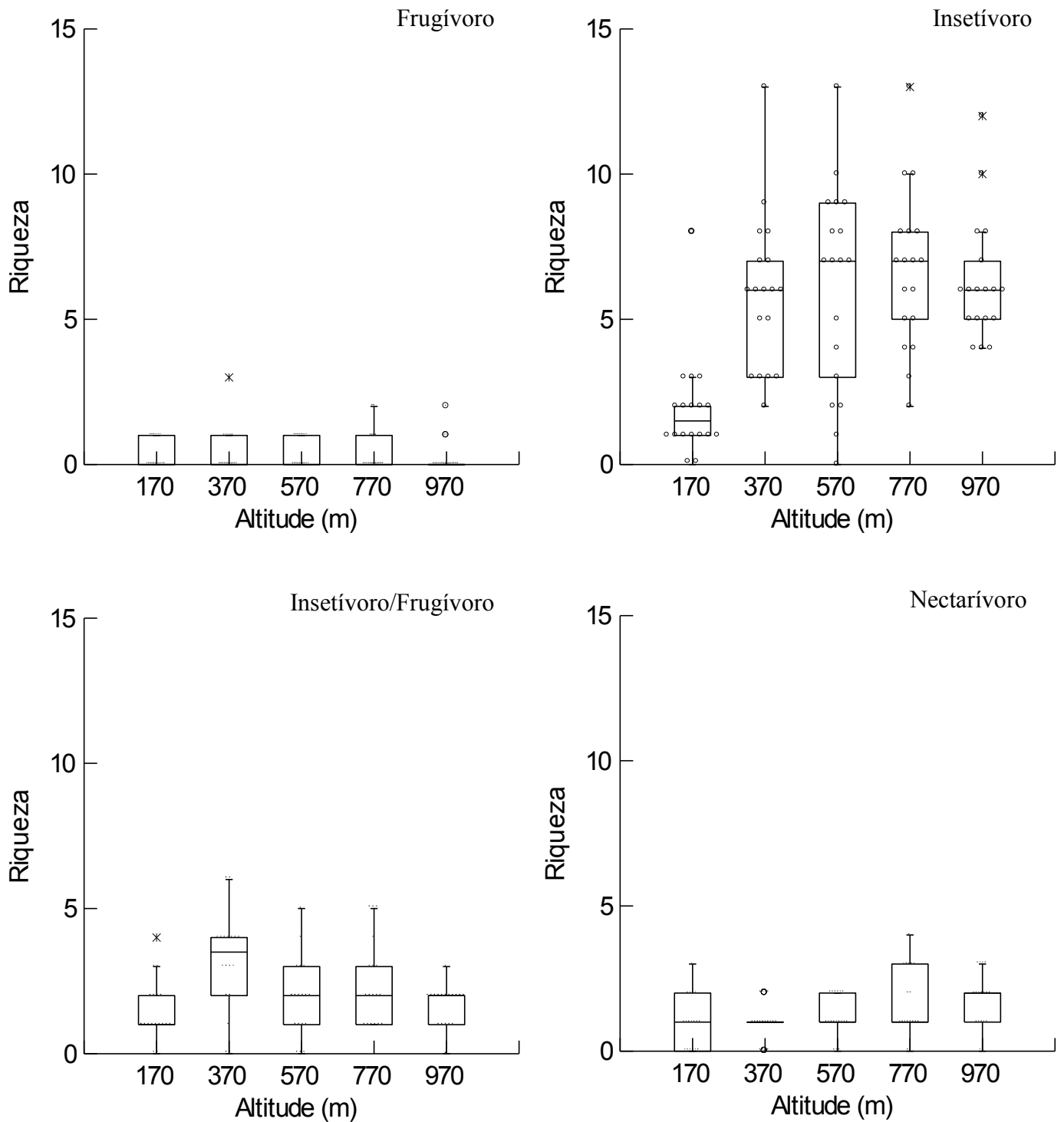
Legenda: valor do teste (U), quantidade de amostras na primeira e segunda altitude avaliada (N₁ e N₂, respectivamente) e valor de probabilidade (P, os valores estatisticamente significativos destacados em negrito).

Figura 26 – Relação entre a altitude e a riqueza de aves de sub-bosque das categorias tróficas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.



Legenda: (A) todas as categorias encontradas; (B) frugívoros, (C) insetívoros, (D) insetívoros/frugívoros e (E) nectarívoro

Figura 27 – Riqueza mensal de aves de sub-bosque das categorias tróficas frugívoro, insetívoro, insetívoro/frugívoro e nectarívoro amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.



Encontramos, também, variação na taxa de captura de aves das diferentes categorias tróficas (Tabela 18). Houve um aumento significativo na taxa de captura de aves nectarívoras ($R= 0,93$; $N= 5$; $P< 0,01$) com o aumento das altitudes amostradas (Figura 28). Mas, não observamos relação significativa entre a altitude e as demais categorias tróficas: frugívoro ($R= 0,22$; $F_{1,5}= 0,83$; $P= 0,43$), granívoro ($R_s= 0,80$; $N= 5$; $P= 0,10$), insetívoro ($R= 0,61$; $F_{1,5}= 4,73$; $P= 0,11$), insetívoro/frugívoro ($R= 0,01$; $F_{1,5}= 0,03$; $P= 0,88$) e onívoro ($R= 0,49$; $F_{1,5}= 2,90$; $P= 0,19$). Não avaliamos estatisticamente apenas a categoria carnívoro devido ao baixo tamanho amostral (cinco indivíduos capturados).

Com relação às diferenças nas taxas de captura entre as cinco altitudes, encontramos diferenças significativas nas categorias granívoro, insetívoro, insetívoro/frugívoro e onívoro (Tabela 18, Figura 29). Ao realizarmos *post hoc* o teste U de Mann-Whitney, observamos diferenças significativas entre os pares de altitudes: 170 x 770 m, 370 x 770 m e 570 x 770 m para as aves granívoras; 170 e as demais altitudes para as aves insetívoras; 170 x 370 m, 170 x 770 m, 370 x 1.000 m e 770 x 1.000 m para as aves insetívoras/frugívoras; e entre 170 e as demais altitudes, 370 x 770 m e 570 x 770 m para as aves onívoras (Tabela 20).

Tabela 20 – Análise da diferença na taxa de captura de granívoros, insetívoros, insetívoros/frugívoros e onívoros entre as altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos, utilizando o teste U de Mann-Whitney.

Categoria trófica	Altitudes comparadas (m)	U	N ₁ ; N ₂	P
Granívoro	170 x 370	162,00		1,00
	170 x 570	153,00		0,79
	170 x 770	88,00		0,02
	170 x 1.000	116,50		0,15
	370 x 570	153,00		0,79
	370 x 770	88,00		0,02
	370 x 1.000	116,00		0,15
	570 x 770	95,00		0,03
	570 x 1.000	125,00		0,25
	770 x 1.000	128,50		0,29
Insetívoro	170 x 370	20,00		< 0,01
	170 x 570	53,00		< 0,01
	170 x 770	15,50		< 0,01
	170 x 1.000	6,00		< 0,01
	370 x 570	160,00		0,96
	370 x 770	136,00		0,42
	370 x 1.000	124,50		0,24
	570 x 770	141,50		0,52
	570 x 1.000	149,00		0,70
	770 x 1.000	156,00		0,86
Insetívoro/frugívoro	170 x 370	72,50		< 0,01
	170 x 570	126,50		0,27
	170 x 770	84,00		0,01
	170 x 1.000	139,00		0,48
	370 x 570	108,50		0,09
	370 x 770	140,00		0,50
	370 x 1.000	56,50		< 0,01
	570 x 770	115,50		0,14
	570 x 1.000	143,50		0,56
	770 x 1.000	98,00		0,04
Onívoro	170 x 370	91,50		0,02
	170 x 570	99,00		0,05
	170 x 770	46,50		< 0,01
	170 x 1.000	69,00		< 0,01
	370 x 570	156,50		0,86
	370 x 770	98,00		0,04
	370 x 1.000	139,00		0,48
	570 x 770	89,50		0,02
	570 x 1.000	134,00		0,39
	770 x 1.000	109,50		0,10

Legenda: valor do teste (U), quantidade de amostras na primeira e segunda altitude avaliada (N₁ e N₂, respectivamente) e valor de probabilidade (P, os valores estatisticamente significativos destacados em negrito).

Figura 28 – Relação entre a altitude e a taxa de captura de aves das categorias tróficas amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.

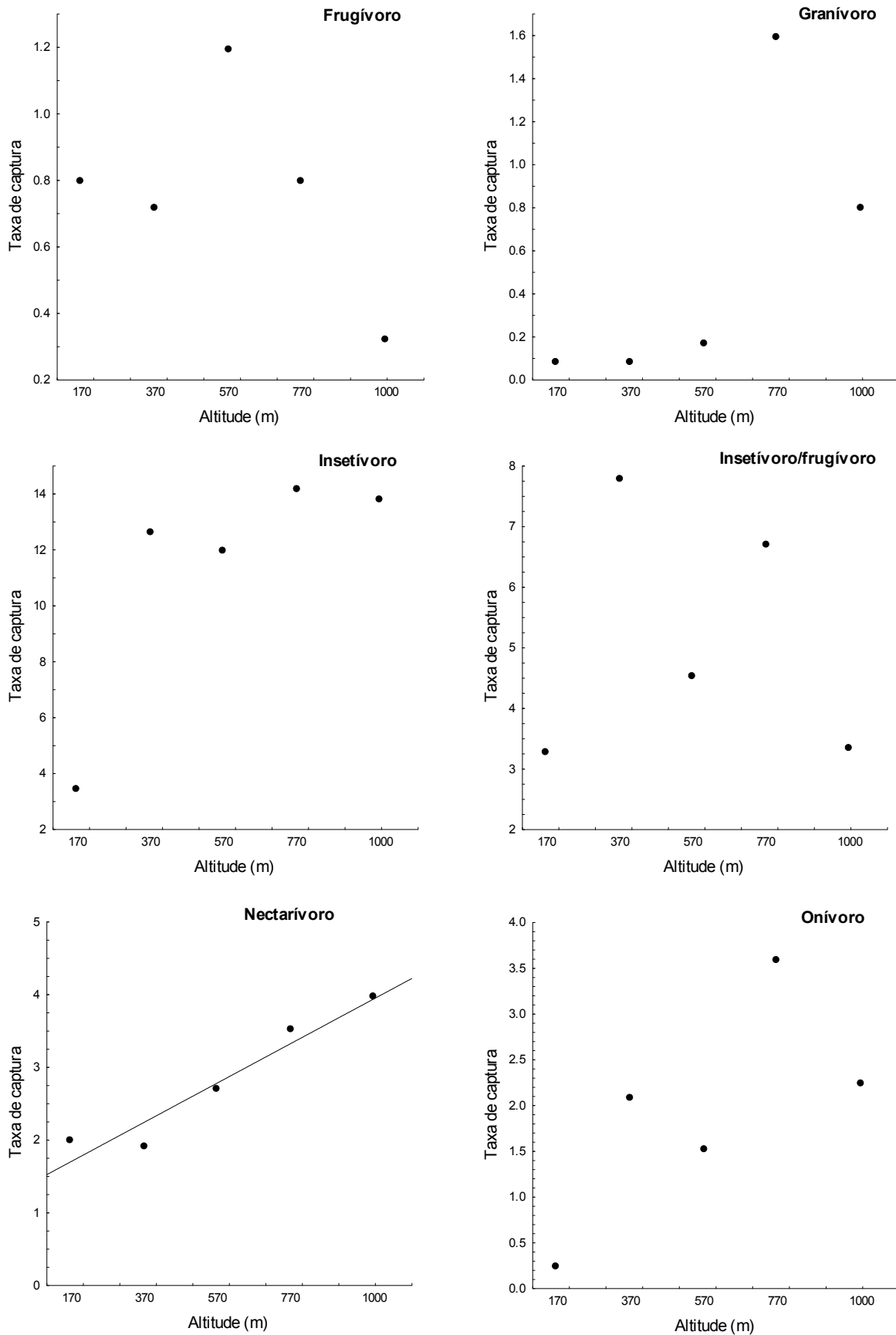
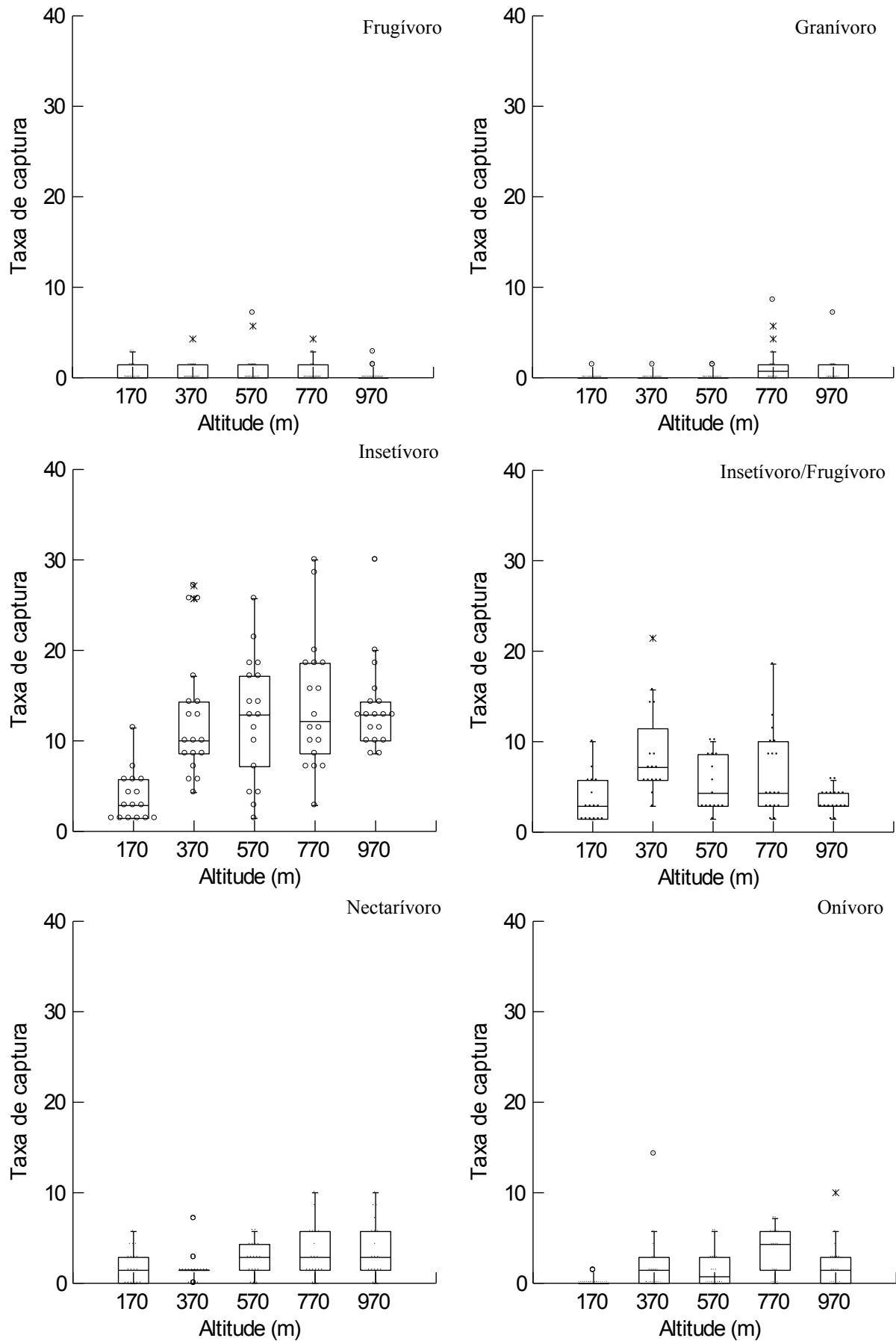


Figura 29 – Taxa de captura das categorias tróficas frugívoro, granívoro, insetívoro, insetívoro/frugívoro, nectarívoro e onívoro amostradas no sub-bosque da Reserva Ecológica de Guapiçu e do Parque Estadual dos Três Picos.



3.3.1.4 Deslocamentos altitudinais

Das 95 espécies capturadas, registramos deslocamentos altitudinais de sete espécies (Tabela 21). Encontramos essas espécies 366 vezes nas redes, sendo 255 capturas e 111 recapturas (30% do total de registros das espécies nas redes). Dentre essas recapturas, detectamos deslocamentos altitudinais de apenas oito indivíduos (7% das recapturas).

A maior parte dos deslocamentos ocorreu para as altitudes adjacentes, a 200 m de altitude de distância da altitude de origem. Apenas um indivíduo de *Attila rufus* percorreu 400 m de altitude, deslocando-se de 770 m a 370 m de altitude. Observamos, também, um deslocamento no qual um indivíduo de *Chiroxiphia caudata* deslocou-se de 1.000 m de altitude para 770 m e, posteriormente, retornou para a altitude mais elevada. Capturamos esse indivíduo em janeiro/2011 à 1.000 m e o recapturamos em novembro/2011 à 770 m de altitude. Em 2012 (março, junho e julho), o recapturamos a 1.000 m de altitude.

As sete espécies que registramos deslocamentos altitudinais pertencem às categorias tróficas: insetívoro (N= 4), insetívoro/frugívoro (N= 1) e onívoro (N= 2).

Tabela 21 – Deslocamentos altitudinais na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.

Espécie	N rede	N recap. (% de recap.)	Indiv. Desloc.	Altitudes de deslocamento (m)
<i>Anabacerthia amaurotis</i>	24	6 (25%)	1	770 para 1.000
<i>Attila rufus</i>	6	1 (17%)	1	770 para 370
<i>Chiroxiphia caudata</i>	88	22 (25%)	1	1.000 para 770 para 1.000
<i>Lanio melanops</i>	103	12 (12%)	2	1.000 para 770 (m) 570 para 770 (f)
<i>Philydor atricapillus</i>	32	14 (44%)	1	770 para 570
<i>Platyrinchus leucoryphus</i>	15	9 (60%)	1	370 para 570
<i>Platyrinchus mystaceus</i>	98	43 (44%)	1	770 para 1.000

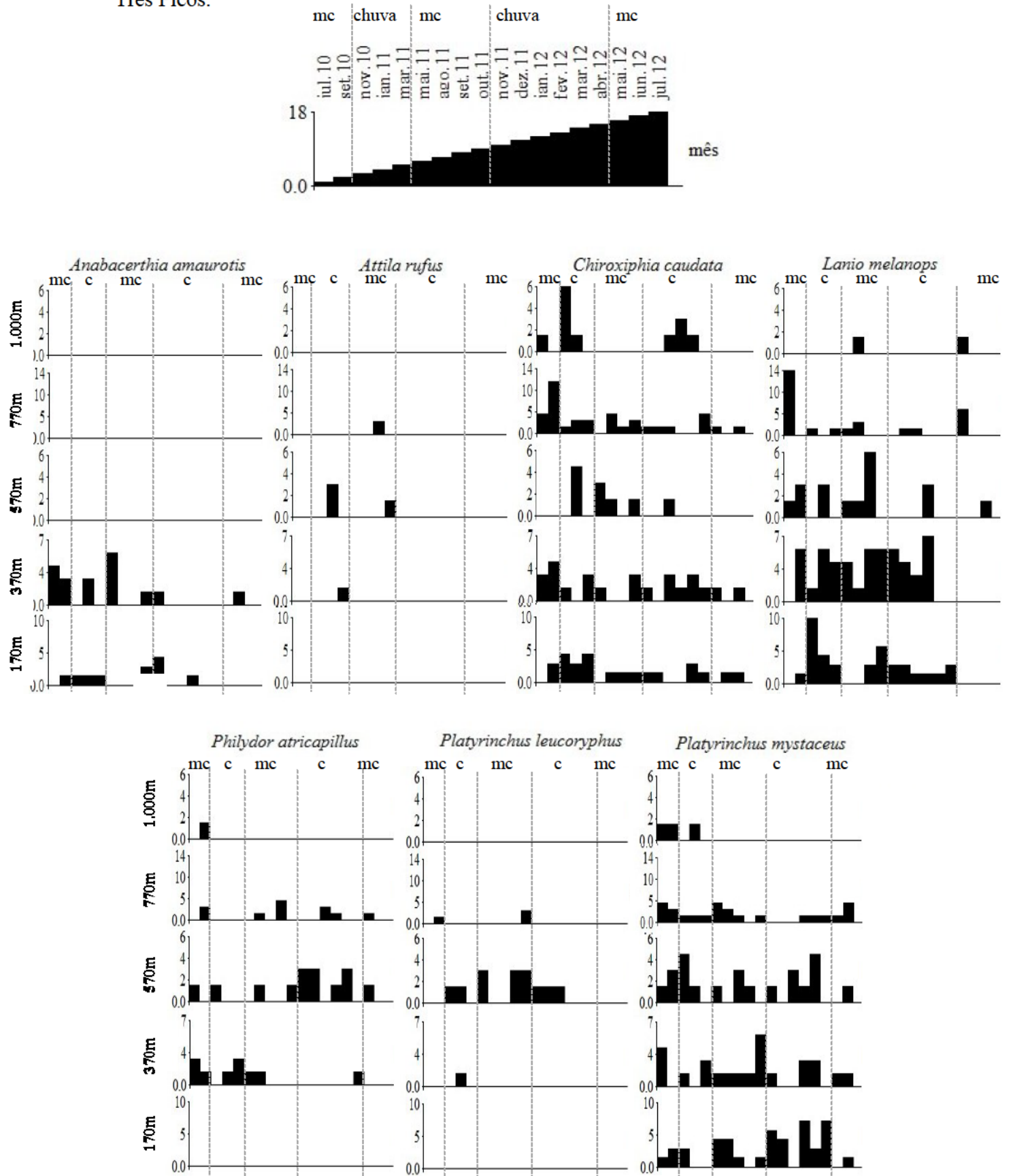
Legenda: espécies endêmicas de Mata Atlântica (em negrito), número de vezes que encontramos a espécie na rede (N rede), número e a porcentagem de recaptura (N recap.), número de indivíduos que observamos deslocamentos (Indiv. Desloc.) e altitudes nas quais foram capturados.

Com a análise qualitativa da variação temporal na taxa de captura das espécies para as quais registramos deslocamentos altitudinais encontramos variações nessas taxas de captura entre as altitudes nas estações menos chuvosa (março a outubro) e chuvosa (novembro a abril) para a maioria das espécies (Figura 30). Entretanto, a variação temporal na taxa de captura dessas aves não forneceu indícios de deslocamentos altitudinais.

Além das espécies para as quais detectamos deslocamentos altitudinais, encontramos, na literatura, registros de algum tipo de deslocamento para 27 espécies (Tabela 22). Dentre essas, houve relatos de deslocamentos altitudinais apenas para seis espécies, dentre as quais registramos, no presente estudo, deslocamentos apenas de *Lanio melanops*.

Encontramos variações na taxa de captura de *Turdus albicollis* (N= 21 indivíduos capturados) e *Turdus flavipes* (N= 14 indivíduos capturados) entre as diferentes altitudes. Observamos diminuição na taxa de captura de *T. flavipes* em 370 m, quando houve aumento na taxa de captura em 1.000 m de altitude, o que pode ser indício de deslocamentos altitudinais por parte da população. Para *T. albicollis*, observamos indício de deslocamentos altitudinais com um aumento na taxa de captura em 570 e 1.000 m, quando a taxa de captura em 770 m diminuiu (Figura 31).

Figura 30 – Variação temporal (sazonal) na taxa de captura das espécies que realizaram deslocamentos altitudinais na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.



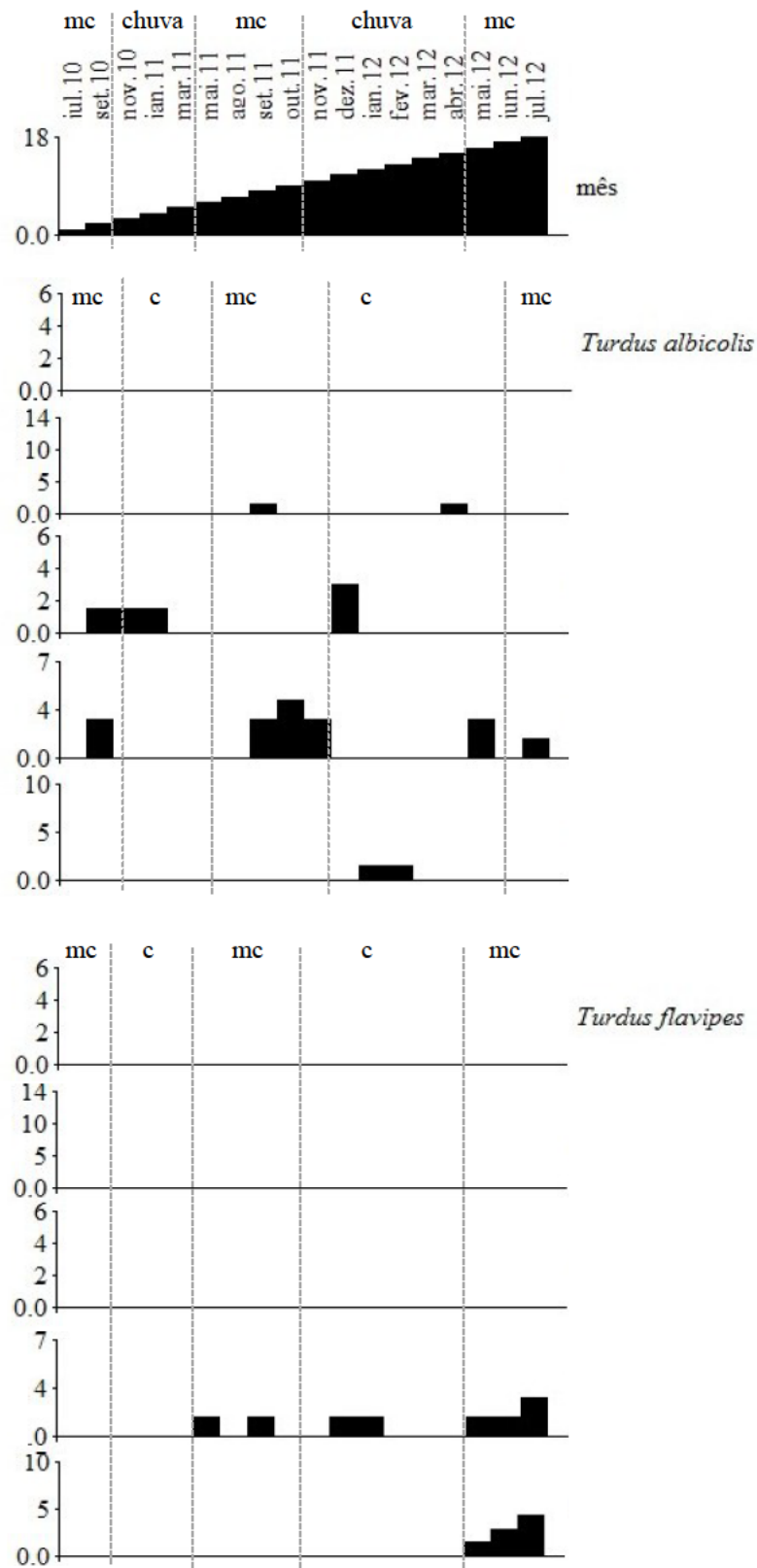
Nota: estações menos chuvosa (mc) e chuvosa (chuva; c).

Tabela 22 – Espécies de aves capturadas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos para as quais encontramos registros de deslocamentos na literatura.

Espécies	Tipo de deslocamento	Fonte *
<i>Geotrygon montana</i>	Nômade	2
<i>Florisuga fusca</i>	Deslocamento pouco conhecido	3
<i>Stephanoxis lalandi</i>	Deslocamento altitudinal	10
<i>Thalurania glaucopis</i>	Migração curta duração	3
<i>Leucochloris albicollis</i>	Alguma dispersão local	3
<i>Amazilia versicolor</i>	Algum movimento local	3
<i>Clytolaema rubricauda</i>	Alguma dispersão local	3
<i>Batara cinerea</i>	Possivelmente, segue produção de sementes de bambu	4
<i>Dendrocincla turdina</i>	Movimento regional	4
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	Movimento regional	4
<i>Xiphorhynchus fuscus</i>	Movimento regional	4
<i>Lathrotriccus euleri</i>	Algum deslocamento regional	5
<i>Vireo olivaceus</i>	Uma subespécie nômade; migração	7
<i>Turdus flavipes</i>	Deslocamento altitudinal	1
<i>Turdus amaurochalinus</i>	Deslocamento altitudinal	6
<i>Turdus albicollis</i>	Deslocamento altitudinal	1
<i>Tachyphonus coronatus</i>	Parcialmente migrante	8
<i>Tangara cyanoptera</i>	Pode ser migrante no extremo sul de sua distribuição	8
<i>Lanio cristatus</i>	Possível movimento sazonal na parte sul do sudeste do Brasil	8
<i>Lanio melanops</i>	Provável deslocamento altitudinal	9, 11
<i>Tangara desmaresti</i>	Possível movimento no Espírito Santo (Brasil)	8
<i>Haplospiza unicolor</i>	Segue produção de sementes de bambu	1, 8, 12
<i>Tiaris fuliginosus</i>	Segue produção de sementes de bambu; deslocamento altitudinal em Trinidad;	1, 8, 12
<i>Euphonia chlorotica</i>	Movimento errante sazonal	8
<i>Euphonia violacea</i>	Movimento errante sazonal	8
<i>Euphonia xanthogaster</i>	Movimento errante sazonal (não significativo)	8
<i>Euphonia pectoralis</i>	Possível movimento errante sazonal	8

Nota: Destacamos os deslocamentos altitudinais em negrito. * Fonte (em ordem alfabética): 1. Alves 2007; 2. Del Hoyo et al. 1997; 3. Del Hoyo et al. 1999; 4. Del Hoyo et al. 2003; 5. Del Hoyo et al. 2004; 6. Del Hoyo et al. 2005; 7. Del Hoyo et al. 2010; 8. Del Hoyo et al. 2011; 9. Mallet-Rodrigues and Noronha 2003; 10. Sick 1983; 11. Sick 1997; 12. Vasconcelos et al. 2005.

Figura 31 – Variação temporal (sazonal) na taxa de captura de *Turdus albicollis* e *Turdus flavipes* na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.



Nota: estações menos chuvosa (mc) e chuvosa (chuva; c).

3.3.2 Beija-flores de sub-bosque

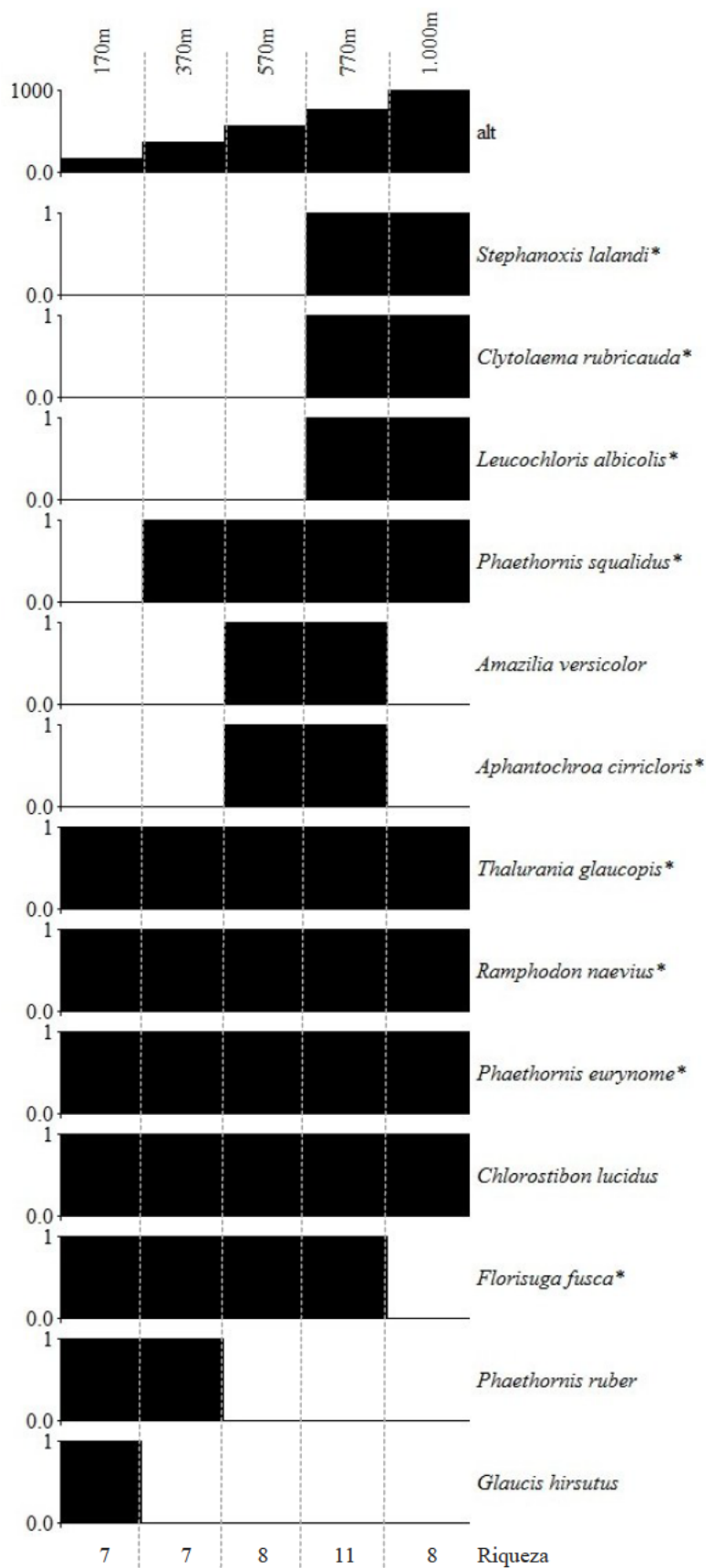
3.3.2.1 Riqueza e composição

Ao analisarmos o grupo dos nectarívoros durante o segundo ano de estudo (agosto de 2011 a julho de 2012) por meio de duas metodologias de amostragem, registramos um total de 13 espécies de beija-flores no sub-bosque das cinco altitudes amostradas na REGUA e PETP, sendo nove endêmicas de Mata Atlântica (Figura 32).

Encontramos 10 espécies (oito endêmicas) pela metodologia de captura-marcação-recaptura e observamos 11 espécies (nove endêmicas) por meio de transecções. Não capturamos *Aphantochroa cirrochloris* (Vieillot, 1818), *Chlorostilbon lucidus* (Shaw, 1812) e *Phaethornis ruber* (Linnaeus, 1758) e não observamos *Amazilia versicolor* e *Leucochloris albicollis* durante as transecções padronizadas. Embora *C. lucidus* tenha sido registrado apenas em 170 e 1.000 m de altitude, utilizamos a interpolação de ocorrência dessa espécie para representar sua distribuição altitudinal (Figura 32).

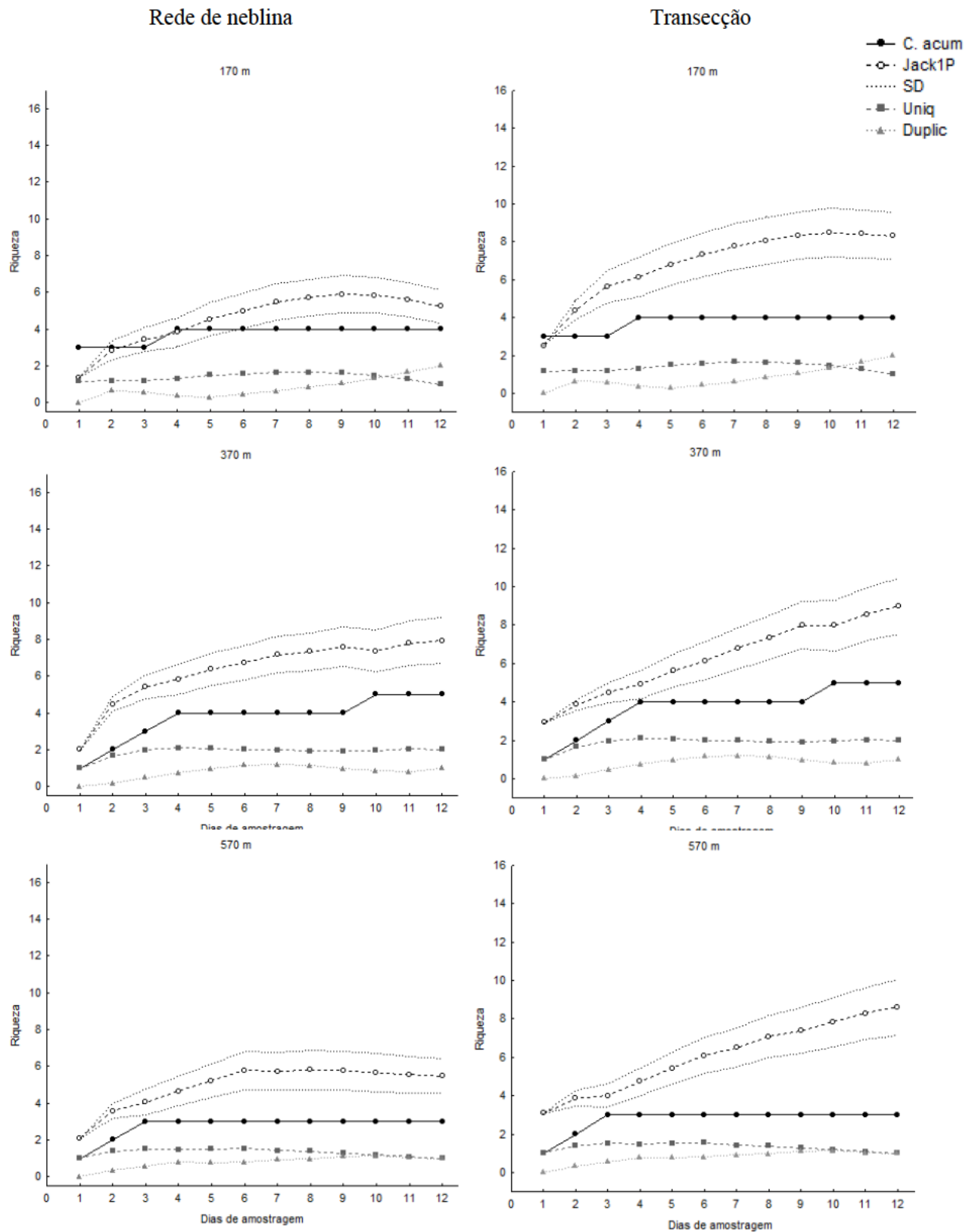
As curvas de acumulação de espécies tenderam a estabilizar em todas as altitudes utilizando as duas metodologias de amostragem (Figura 33). Entretanto, os estimadores de riqueza previram maior riqueza que a observada em todas as altitudes, sendo previstas uma espécies adicionais em 170 m, três espécies em 370 m, duas espécies em 570 m, uma espécie em 770 m e nove espécies adicionais em 1.000 m para a amostragem por meio de captura-marcação-recaptura. Utilizando a metodologia de transecções, encontramos previsão de quatro espécies adicionais em 170 m, de quatro espécies em 370 m, de três espécies em 570 m, de quatro espécies em 770 m e previsão de nove espécies adicionais em 1.000 m de altitude.

Figura 32 – Distribuição das espécies e riqueza de beija-flores registradas por meio de captura-marcação-recaptura e transecções no sub-bosque das cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.



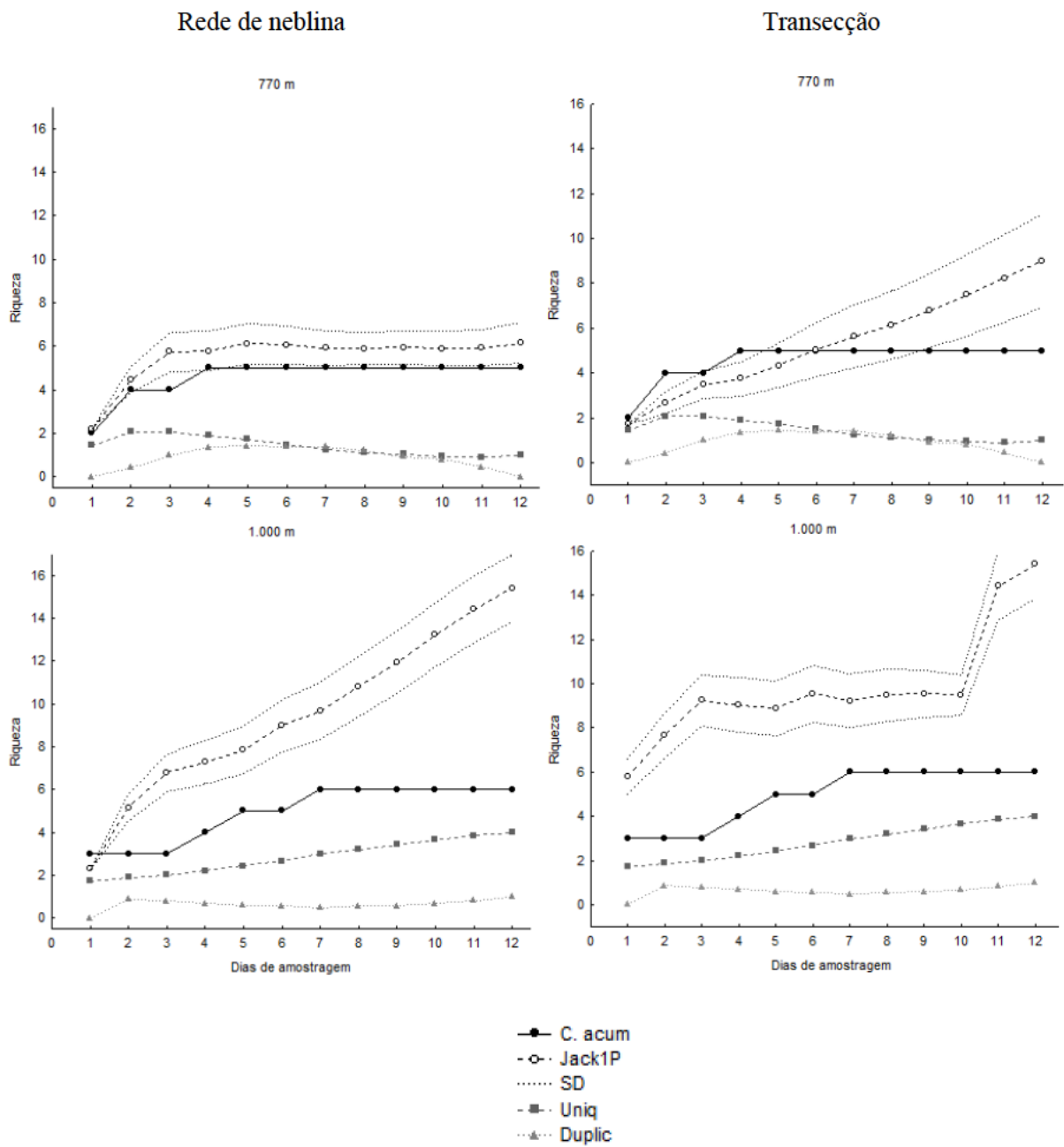
Nota: espécies endêmicas de Mata Atlântica destacadas com um asterisco.

Figura 33 – Curva de acumulação de espécies e estimadores de riqueza (Jackknife 1 P) de beija-flores de sub-bosque amostrados na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos (continua).



Nota: pelas metodologias de captura-marcação-recaptura em redes de neblina (figuras à esquerda) e observação em transecções (figuras à direita).

Conclusão



Nota: pelas metodologias de captura-marcação-recaptura em redes de neblina (figuras à esquerda) e observação em transecções (figuras à direita).

Não houve relação significativa entre a riqueza de espécies e a altitude quando agrupamos os dados das duas metodologias utilizadas ($R= 0,38$; $F_{1,5}= 1,81$; $P= 0,27$). A riqueza mensal de aves nas diferentes altitudes amostradas não variou entre as altitudes (dados agrupados das duas metodologias) ($H= 3,56$; $DF: 4$; $P= 0,47$).

3.3.2.2 Composição das espécies: diversidade β

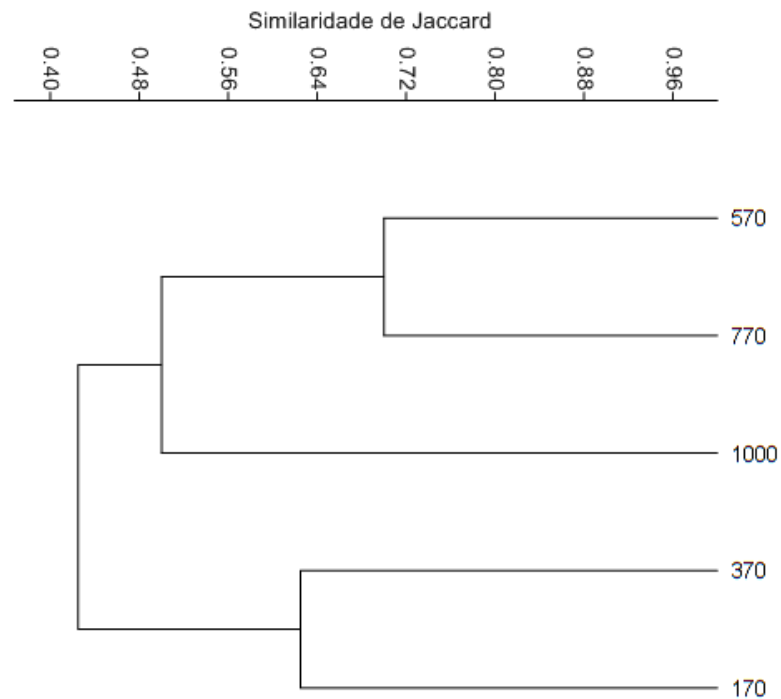
Com base na riqueza de espécies das duas metodologias utilizadas, registramos *Phaethornis eurynome*, *Ramphodon naevius* e *Thalurania glaucopis* em todas as altitudes amostradas, enquanto que encontramos *Glaucis hirsutus* e *Phaethornis ruber* apenas nas duas altitudes menos elevadas e *Clytolaema rubricauda*, *Leucochloris albicollis* e *Stephanoxis lalandi* nas altitudes mais elevadas (Figura 32).

Registramos os maiores valores de diversidade β entre as altitudes de 170 m e 770 m (53%), entre 170 e 1.000 m (47%) e entre 570 e 1.000 m (47%). Observamos os menores valores entre 570 e 770 m (18%) e entre 770 e 1.000 m (22%) de altitude (Tabela 23). Com a análise de agrupamento da composição de espécies nas cinco altitudes amostradas, detectamos dois grupos: um composto pelas espécies que ocorreram nas altitudes menos elevadas (170 e 370 m) e outro composto pelas espécies das altitudes de 570, 770 e 1.000 m (Figura 34).

Tabela 23 – Matriz com os valores da taxa de mudança na composição das espécies de beija-flores (diversidade β) entre as cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.

Altitudes (m)	170	370	570	770	1000
170	0,00				
370	0,23	0,00			
570	0,43	0,23	0,00		
770	0,53	0,38	0,18	0,00	
1.000	0,47	0,43	0,47	0,22	0,00

Figura 34 – Similaridade na composição de espécies de beija-flores capturadas no sub-bosque nas cinco altitudes amostradas na Reserva Ecológica de Guapiaçu e no Parque Estadual dos Três Picos.



3.4 Discussão

Nossos resultados revelaram riqueza de 95 espécies de aves capturadas no sub-bosque das cinco altitudes amostradas na floresta baixo montana e floresta montana na REGUA e no PETP, sendo metade dessas espécies (53%) endêmicas de Mata Atlântica. Outros estudos realizados na Mata Atlântica, também relataram elevada proporção de espécies endêmicas (exemplos Vecchi 2007; Mallet-Rodrigues and Noronha 2009), mas, no presente estudo, registramos maior porcentagem de aves endêmicas de Mata Atlântica. O inventário da avifauna do PETP (Mallet-Rodrigues and Noronha 2009), por exemplo, registrou 321 espécies, sendo 25% de aves endêmicas.

Dentre as espécies endêmicas que capturamos, 10 espécies fazem parte da lista da fauna ameaçada de extinção da IUCN (IUCN 2012; acesso em 26 de março de 2013) e já haviam sido registradas na REGUA e PETP, anteriormente (Mallet-Rodrigues and

Noronha 2009; Mallet-Rodrigues et al. 2010; Pimentel and Olmos 2011). A elevada riqueza das aves endêmicas e os registros de espécies ameaçadas da REGUA e do PETP acentuam a importância da manutenção dessa área para a preservação da diversidade de aves (Alves et al. 2009b; Mallet-Rodrigues and Noronha 2009; Jenkins et al. 2010).

Encontramos um menor número de espécies se comparado com estudos realizados nessas duas áreas de conservação (Mallet-Rodrigues and Noronha 2009; Pimentel and Olmos 2011). Capturamos 27% das aves florestais observadas no levantamento realizado por Pimentel and Olmos (2011) na REGUA, que encontraram 346 espécies florestais, em um total de 450 espécies de aves. Com relação ao estudo realizado no PETP, a riqueza que encontramos representa 35% das aves florestais observadas por Mallet-Rodrigues and Noronha (2009), que encontraram um total de 321 espécies de aves no PETP, sendo 274 espécies florestais. Todas as espécies que capturamos constavam na lista de aves da REGUA (Pimentel and Olmos 2011) e acrescentamos uma espécie, *Glaucidium minutissimum*, na lista de aves do PETP realizada em 2009 (Mallet-Rodrigues and Noronha 2009).

Contudo, já esperávamos encontrar uma riqueza menor se comparada aos estudos realizados anteriormente nessas áreas (Mallet-Rodrigues and Noronha 2009; Pimentel and Olmos 2011). Isso porque utilizamos a metodologia de captura-marcação-recaptura para as aves, que é uma metodologia seletiva que amostra apenas as espécies que utilizam o sub-bosque (Remsen and Good 1996; Develey 2004). As observações realizadas em transecções por Mallet-Rodrigues and Noronha (2009) e as observações e eventuais capturas realizadas por Pimentel and Olmos (2011), permitiram o registro de um maior número de espécies. Além disso, realizamos nosso estudo sistematizado apenas em áreas florestais, enquanto que os outros estudos possuíam vários locais de amostragem em diferentes tipos de ambientes nas duas áreas.

Possivelmente, outro fator relacionado à menor riqueza de espécies que encontramos na REGUA e no PETP foi ao esforço amostral não satisfatório em algumas altitudes, uma vez que a curva de acumulação de espécies não estabilizou. Os estimadores de riqueza foram quase estáveis nas altitudes de 170, 370 e 1.000 m, mas, previram maior número de espécies principalmente nas altitudes mais elevadas (570, 770 e 1.000 m). Um fator que contribuiu para a não estabilização da curva foi a grande quantidade de espécies raras (*singletons* e *doubletons*) que registramos, o que indica a necessidade de aumentar o esforço amostral na área de estudo para uma melhor amostragem das aves da região. De qualquer modo, observamos a tendência crescente

no registro de espécies que é, frequentemente, registrada na região tropical, onde existe uma elevada diversidade e uma grande quantidade de espécies raras (Santos 2004).

Com relação à abundância de espécies em cada uma das altitudes, observamos a predominância de espécies raras entre as aves capturadas no nosso estudo. De modo geral, essa tendência é comum na região tropical (Macedo 2002; Donatelli et al. 2004) e é frequentemente registrada em estudos no Brasil (exemplos Loures-Ribeiro et al. 2011a; Costa and Rodrigues 2012).

Quando avaliamos o efeito da altitude na avifauna, não observamos relação entre a altitude e a riqueza de espécies e nem entre a altitude e a taxa de captura das aves de sub-bosque na REGUA e no PETP. Entretanto, nossos dados mostram uma tendência de aumento na riqueza de espécies com a altitude. A amostragem de uma maior amplitude de variação altitudinal provavelmente evidenciaria essa tendência. Um estudo realizado em várias localidades na Serra dos Órgãos encontrou riqueza constante nas baixas altitudes e decréscimo a partir de 1.000 m de altitude (Mallet-Rodrigues et al. 2010). Assim, nossos resultados parecem refletir, parcialmente, os padrões reconhecidos por McCain (2009a) para as florestas úmidas, nos quais há uma diversidade constante em baixas altitudes (*low-elevation plateaus*) ou uma elevada diversidade nas baixas altitudes com pico em elevações intermediárias (*low-elevation plateaus with mid-peaks*). Além desses padrões de distribuição, a tendência de aumento da riqueza com o aumento da altitude que encontramos pode refletir, também, o padrão de pico de diversidade em altitudes intermediárias (*mid-elevational peaks*) (McCain 2009a) na distribuição das aves na região. Esse padrão pode ser explicado por vários fatores, incluindo o efeito do domínio médio (*mid-domain effect*) proposto por Colwell and Hurr (1994). Esse efeito prevê maior riqueza de espécies em altitudes intermediárias devido à sobreposição dos domínios de ocorrências das espécies nessas faixas altitudinais (Colwell and Hurr 1994; Colwell et al. 2004). Uma revisão sobre o efeito do domínio médio na diversidade de aves no Brasil (Cavarzere and Silveira 2012) mostrou a ocorrência desse efeito em duas comunidades de aves da Mata Atlântica estudadas por Holt (1928) e Rajão and Cerqueira (2006).

Embora nosso conjunto de dados não nos permitisse observar o efeito da altitude na distribuição de aves, encontramos diferenças significativas entre a riqueza e taxa de captura de aves nas cinco altitudes amostras. A riqueza de espécies foi estatisticamente menor em 170 m se comparada as demais altitudes. A diferença significativa entre as taxas de captura ocorreu entre 170 m e as demais altitudes e entre 370 e 770 m de

altitude. Resultados semelhantes foram encontrados no Brasil (Purificação et al. 2013) e na Argentina (Blake and Rouges 1997). No Cerrado brasileiro, a riqueza e abundância das aves nas altitudes menos elevadas foi estatisticamente menor se comparada as altitudes elevadas (Purificação et al. 2013). Assim como no nosso estudo, Purificação et al. (2013) encontraram diferenças significativas mesmo sem amostrar todo o gradiente altitudinal da região onde a área de estudo estava inserida.

No estudo realizado na Argentina, as comunidades em florestas montanhosas exibiram considerável variação na composição e abundância relativa (medida pela taxa de captura) entre as diferentes altitudes e, também, diferenças sazonais nas mesmas altitudes (Blake and Rouges 1997). As possíveis explicações que os autores forneceram para o resultado observado foram: sazonalidade da taxa de captura e no comportamento (territorial, reprodutivo e de forrageamento) de diferentes espécies; erro amostral; diferenças na vegetação; presença de aves que se deslocam; e variações nos recursos (Blake and Rouges 1997). Esses fatores também podem explicar a variação na riqueza e na taxa de captura que observamos.

Outro fator que pode ter influenciado nessas diferenças entre as altitudes foi o ambiente mais alterado nas baixadas (Jenkins et al. 2010; Pimentel and Olmos 2011). No entanto, mesmo a vegetação de 170 m sendo a mais alterada do que nas outras altitudes, essa altitude abriga espécies endêmicas e ameaçadas, como *Ramphodon naevius* e *Myrmotherula minor*, que também registramos no nosso estudo. A presença dessas espécies ameaçadas também foi registrada na faixa altitudinal de 50 a 500 m em Angra dos Reis e em Parati (Buzzetti 2000).

Encontramos as maiores diferenças na composição das espécies entre as altitudes menos e as mais elevadas. Esses resultados refletem a distribuição altitudinal das espécies e podem estar relacionados às substituições de espécies ao longo do gradiente altitudinal (Develey 2004; Mallet-Rodrigues et al. 2010). Por exemplo, na Serra dos Órgãos 17 gêneros de aves exibem substituição de espécies ao longo de gradientes altitudinais (Mallet-Rodrigues et al. 2010). Além disso, a diferença na composição de espécies pode estar relacionada às diferentes fitofisionomias amostradas.

As aves possuem dieta bastante ampla (consumindo frutos, artrópodes, flores, folhas, vertebrados e néctar; Sick, 1997) e constituem um elemento importante nas teias tróficas das comunidades (Vecchi 2007; Alves et al. 2009b). Dentre as sete categorias tróficas, que estiveram presentes no sub-bosque das cinco altitudes estudadas, encontramos maior riqueza e taxa de captura de aves insetívoras em todas as altitudes.

Uma maior representatividade na abundância de insetívoros no sub-bosque também foi relatada por Sick (1997) e foi observada em diferentes estudos que avaliaram as espécies de sub-bosque (Terborg 1977; Malizia 2001; Rougés and Blake 2001; Piratelli et al. 2008, Vecchi 2007; Loures-Ribeiro et al. 2011a). Registramos, também, grande representatividade das aves insetívoras/frugívoras e nectarívoras em todas as altitudes. Esses grupos tróficos também foram representativos em um estudo realizado na Costa Rica, no qual as aves nectarívoras foram mais frequentes em habitats de crescimento secundário e as aves insetívoras/frugívoras, bem como as frugívoras, foram mais frequentes nas áreas mais preservadas (Blake and Loiselle 2001).

A quantidade de espécies nas categorias tróficas que capturamos, pode estar relacionada ao estrato que as espécies utilizam para forragear. A estratificação de aves estudada na Ilha Grande mostrou predomínio de aves insetívoras no sub-bosque da floresta, enquanto as espécies cuja dieta inclui vegetais (especialmente insetívoras/frugívoras) predominaram no sub-dossel (Vecchi 2007). Outra explicação possível está associada com a grande diversificação e especialização das táticas de forrageamento de insetívoros, o que está relacionado à grande variedade de insetos (Rodrigues et al. 1994). Assim, os insetívoros podem predominar no sub-bosque devido à abundância de artrópodes nesse estrato, provavelmente associados à decomposição da matéria orgânica depositada no chão (Vecchi 2007).

Não observamos efeito da altitude na riqueza de espécies em nenhuma das categorias tróficas com os métodos utilizados no presente estudo, no entanto, observamos uma tendência ao aumento de espécies das aves insetívoras e nectarívoras nas altitudes mais elevadas. Contudo, quando analisamos a taxa de captura, observamos um efeito da altitude na taxa de captura de aves nectarívoras. Em um estudo ao longo de um gradiente altitudinal (500 a 3.600 m) nos Andes peruanos, também utilizando capturas em redes e observação em transectos, foi encontrado efeito da altitude na riqueza das categorias tróficas de aves (Terborg 1977). As aves insetívoras e frugívoras diminuíram com o aumento da altitude, enquanto que a riqueza de nectarívoros permaneceu constante (Terborg 1977).

Quando avaliamos as diferenças na riqueza de espécies entre as altitudes estudadas, observamos diferenças significativas para as categorias insetívoro, insetívoro/frugívoro e nectarívoro, enquanto que as diferenças estatisticamente significativas nas taxas de capturas ocorreram nas categorias granívoro, insetívoro, insetívoro/frugívoro e onívoro. Essas diferenças podem estar relacionadas à atividade de

forrageamento das aves, à distribuição dos recursos alimentares e à possíveis movimentos em busca de recursos alimentares (Blake and Loiselle 1991; Blake and Loiselle 2001; Boyle 2008, 2010; Boyle et al. 2010). Assim, a presença e a quantidade dos recursos alimentares podem ser limitantes para as aves (Loiselle and Blake 1991), gerando mudanças na composição, na riqueza e na abundância de aves no sub-bosque (Manhães 2007; Boyle 2010). As aves frugívoras, por exemplo, podem estar associadas às variações sazonais da disponibilidade de recurso alimentar (Malizia 2001) e, também, ao fluxo de espécies que realizam deslocamentos altitudinais ou latitudinais (Loiselle and Blake 1991; Kimura et al. 2001). Da mesma forma, a distribuição espacial ou temporal de aves insetívoras pode se relacionar à disponibilidade de invertebrados (Blake and Hoppes 1986; Manhães 2007).

A composição das aves de sub-bosque possui representantes importantes de famílias exclusivamente neotropicais, como Dendrocolaptidae, Furnariidae, Pipridae e Trochilidae (Ridgley and Tudor 1994; Sick 1997; Purificação et al. 2013), que podem ser dependentes de ambientes florestais, sendo extremamente susceptíveis a fragmentação (Willis 1979; Aleixo 2001). Segundo Pimentel e Olmos (2011), as florestas mais maduras estão localizadas acima de 500 m de altitude na REGUA e no PETP. No presente estudo, podemos destacar a maior riqueza e abundância de indivíduos da família Dendrocolaptidae e Trochilidae acima de 370 m de altitude, que pode estar relacionada à estrutura vegetacional da trilha onde realizamos o estudo.

A avaliação das aves nectarívoras (beija-flores), separadamente, por meio de duas metodologias de amostragem (captura-marcação-recaptura em redes de neblina e transecções) mostrou-se complementar. Como observado para todas as aves capturadas, encontramos um menor número de beija-flores se comparado aos estudos realizados nessas duas áreas de conservação (Mallet-Rodrigues and Noronha 2009; Pimentel and Olmos 2011; Purificação et al. 2013), devido à nossa amostragem ocorrer apenas no sub-bosque florestal de cinco altitudes na REGUA e PETP. Entretanto, para beija-flores, registramos estabilização das curvas de acumulação de espécies em todas as altitudes amostradas com as duas metodologias (capturas e transecções). Apesar dos estimadores de riqueza terem previsto um maior número de espécies, registramos um número considerável de espécies raras na maioria das altitudes.

Quando avaliamos o efeito da altitude na riqueza de beija-flores nas cinco altitudes amostradas somando os dados dos dois métodos de amostragem, não observamos relação da altitude com a riqueza. Também, não encontramos diferenças

significativas na riqueza amostrada entre as cinco altitudes. Esse resultado contrasta com o que observamos na análise de todas as aves de sub-bosque. Uma explicação para essas diferenças pode estar relacionada a redução do esforço amostral dos beija-flores de 18 para 12 meses de amostragem, mesmo que tenhamos amostrado os beija-flores por meio de duas metodologias no segundo ano de estudo.

A composição dos beija-flores de sub-bosque também teve maiores taxas de diversidade β entre 170 e 770 m, 170 e 1.000 m, além de 370 e 1.000 m de altitude. Esses resultados corroboram com a separação do conjunto de espécies de baixas e elevadas altitudes quando analisamos a riqueza de beija-flores da Mata Atlântica (capítulo 2).

Observamos deslocamentos altitudinais de oito indivíduos de sete espécies de aves durante o estudo. Segundo Fraser et al. (2008), as capturas em redes de neblina são pouco eficientes para o registro dos deslocamentos altitudinais devido à dificuldade de se distinguir esses deslocamentos de outros tipos de movimentos ou de flutuações sazonais na abundância de aves e à baixa taxa de recaptura.

Dentre as aves que registramos deslocamentos altitudinais, a maioria foi insetívora, o que corrobora com os registros que encontramos na revisão sobre as migrações altitudinais (Capítulo 1). Também, registramos deslocamentos altitudinais de duas espécies que consideramos onívoras (não consideradas como aves que frequentemente realizam deslocamentos altitudinais – ver Capítulo 1). Embora as espécies frugívoras e nectarívoras sejam reconhecidos por seus deslocamentos altitudinais na região neotropical (Levey and Stiles 1992; Hilty 1997; Sick 1997; Blake and Loiselle 2000; Blake and Loiselle 2001; Hobson et al. 2003; Alves 2007; Boyle 2010), não registramos deslocamentos para essas guildas tróficas.

Encontramos registros na literatura de deslocamentos altitudinais de seis espécies dentre as capturadas no nosso estudo, incluindo *T. flavipes* e *T. albicollis*. Tais espécies são reconhecidas no Brasil pelos seus deslocamentos altitudinais (Sick 1997; Alves 2007; Mallet-Rodrigues et al. 2007). Quando avaliamos qualitativamente a variação temporal dos dados de taxa de captura dessas duas espécies (*T. flavipes* e *T. albicollis*), observamos possíveis indícios de deslocamentos altitudinais na área de estudo ao longo do ano. Na Serra dos Órgãos, os deslocamentos altitudinais de *T. flavipes* parecem comuns, embora a espécie ocorra em altitudes elevadas ao longo do ano (Sick 1997; Mallet-Rodrigues and Noronha 2003; Mallet-Rodrigues et al. 2007). Na estação seca, os deslocamentos registrados são em direção às baixadas, enquanto que na

estação chuvosa, os deslocamentos são direcionados para as altitudes elevadas, em torno de 900-1.000 m de altitude (Mallet-Rodrigues and Noronha 2003). Segundo Vecchi (2007), essa espécie ocorre, principalmente, no sub-dossel da área de estudo e, raramente, no sub-bosque, o que pode vir a explicar nossa baixa captura de indivíduos dessas espécies no sub-bosque (N= 14).

Observamos, também, a variação temporal na taxa de captura de *T. albicollis* ao longo do ano. Reconhecidas pelos seus deslocamentos altitudinais no sul e sudeste do Brasil (Sick 1997; Alves 2007), a variação na abundância da espécie também foi relatada em outros estudos (Vecchi 2007; Maia-Gouvêa et al. 2005; Vogel et al. 2012). Embora a espécie nidifique em todas as altitudes a partir de outubro, muitos indivíduos foram capturados em áreas em torno de 450 m de altitude no entorno do Parque Nacional do Itatiaia, no estado do Rio de Janeiro (Maia-Gouvêa et al. 2005).

Diante do exposto, a singular avifauna da REGUA e do PETP reforça a necessidade de preservação desse importante remanescente de Mata Atlântica na região serrana do Rio de Janeiro. Mudanças nas características originais dos remanescentes florestais afetam a riqueza e a composição da comunidade de aves (Aleixo 1999; Maldonado-Coelho and Marini 2000; Loures-Ribeiro et al. 2011b), com isso espécies florestais mais sensíveis podem desaparecer. Entre as aves de florestas tropicais, os insetívoros de sub-bosque são particularmente sensíveis à degradação e fragmentação do habitat (Sekercioglu et al. 2002; Loures-Ribeiro et al. 2011a,b). Em geral, as aves dessa categoria trófica possuem alta especificidade de habitat e baixa mobilidade, ocorrendo com mais frequência no interior das florestas do que as aves de outras categorias tróficas (Sekercioglu et al. 2002). As aves da família Dendrocolaptidae, por exemplo, são especialmente afetadas pelos distúrbios causados pelo homem nas florestas e espécies como *Dendrocincla turdina* e *Xiphorynchus fuscus* são encontradas principalmente em florestas maduras (Loures-Ribeiro et al. 2011a,b).

Na REGUA e no PETP, a qualidade do habitat varia com a altitude, sendo as maiores níveis de alteração do habitat encontrados nas altitudes mais baixas (INEA 2009, Siqueira 2012). Essa menor qualidade das áreas menos elevadas (170 e 370 m de altitude) provavelmente refletiu na estrutura da comunidade de aves de sub-bosque. Nas menores altitudes, registramos a menor riqueza e abundância de espécies, principalmente, de espécies endêmicas e de espécies sensíveis à degradação ambiental. Por exemplo, em 170 m de altitude, capturamos apenas dois indivíduos de *Sittasomus griseicapillus* e *X. fuscus*.

Embora áreas com vegetação em crescimento secundário possam ser ricas em espécies de aves devido à presença de espécies típicas de bordas e formações abertas, as florestas maduras são de fundamental importância para a manutenção da biodiversidade, pois representam o habitat de mais de 50% das espécies extintas e raras (Mallet-Rodrigues and Noronha 2009). No caso da REGUA, essas florestas maduras ocorrem nas altitudes mais elevadas, especialmente acima de 500 m de altitude (Siqueira 2012; Pimentel and Olmos 2011). No presente estudo, encontramos maior riqueza de espécies nas altitudes mais elevadas (770 e 1.000 m), principalmente de espécies endêmicas de Mata Atlântica.

No presente estudo, detectamos diferenças altitudinais na composição e taxa de captura de algumas categorias tróficas de aves, entretanto não encontramos relação entre a altitude e a riqueza ou entre a altitude e a taxa de captura de aves. Encontramos relação apenas entre a taxa de captura de nectarívoros e a altitude. Os resultados encontrados no presente estudo ressaltam a importância da região serrana do estado do Rio de Janeiro para o estudo da distribuição altitudinal de aves, assim como reforçam a necessidade de preservação desse importante remanescente de Mata Atlântica. Esta região serrada é uma das áreas importantes para a conservação de aves ameaçadas da Mata Atlântica no Rio de Janeiro (Bencke et al. 2006), se destacando pelo seu alto valor de conservação para as aves ameaçadas e/ou endêmicas desse bioma (Alves et al. 2009b) e como área prioritária para a conservação dessas espécies no estado do Rio de Janeiro (Jenkins et al. 2010). A proteção da biodiversidade da região deve abranger tanto as encostas com florestas maduras, assim como as florestas de baixada mais alteradas (Alves et al. 2000; Pimentel and Olmos 2011; Jenkins and Pimm 2006). Ressaltamos que essas áreas de baixada abrigam um elevado número de espécies endêmicas e ameaçadas de aves, particularmente, no entorno do PETP (Jenkins et al. 2010). A preservação da conectividade de áreas de baixada e áreas serranas, como na região do PETP, é de suma importância para os deslocamentos altitudinais e a manutenção de processos ecológicos (como polinização e dispersão de sementes). Além disso, a compreensão desses deslocamentos altitudinais é necessária para estabelecimento de estratégias de conservação de espécies de aves, incluindo as endêmicas e ameaçadas (Alves et al. 2009b).

REFERÊNCIAS

- Aleixo A. 1999. Effects of selective logging on a bird community in the Brazilian Atlantic Forest. *The Condor*. 101(3):537-548.
- Aleixo A. 2001. Conservação da avifauna da Floresta Atlântica: efeitos da fragmentação e a importância de florestas secundárias. In: Albuquerque JLB, Cândido Jr. JF, Straube FC, Ross AL, editors. *Ornitologia e Conservação: da Ciência às estratégias*. Tubarão (SP): Ed. Unisul. p. 199-206.
- Aleixo A, Vielliard JME. 1995. Composição e dinâmica da avifauna da mata de Santa Genebra, Campinas, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 12(3): 493-511.
- Alves MAS. 2007. Bird migration systems in Brazilian terrestrial habitats: examples, gaps of knowledge, and directions for future studies. *Revista Brasileira de Ornitologia*. 15(2):231-238.
- Alves MA, Pacheco JF, Gonzaga LAP, Cavalcanti RB, Raposo MA, Yamashita C, Maciel NC, Castanheira M. 2000. Aves. In: Bergallo HG, Rocha CFD, Alves MAS, Sluys M. *A fauna ameaçada de extinção do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro (RJ): Ed. UERJ. p. 113-124.
- Alves MA, Jenkins CN, Pimm SL, Storni A, Raposo MA, Brooke ML, Harris G, Foster A. 2009a. Birds, Montane forest, State of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. *Check List* 5(2): 289–299.
- Alves MA, Vecchi MB, Cordeiro P, Jenkins CN, Raposo MA, Chaves FG, Almeida-Santos P. 2009b. Aves nos remanescentes florestais de Mata Atlântica e ecossistemas associados no Estado do Rio de Janeiro. In: Bergallo HG, Fidalgo ECC, Uzêda MC, Costa MB, Alves MAS, van Sluys M, Santos MA, Costa TCC, Cozzolino ACR. *Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro (RJ): Instituto Biomás. p 193-208
- Azevedo AD. *Estoque de carbono em áreas de recuperação da Mata Atlântica com diferentes idades na bacia do Rio Guapiaçu, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro [dissertação]*. Rio de Janeiro (RJ): Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza; 2012.
- Begon M, Townsend CR, Harper JL. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4th ed. Porto Alegre (RS): Artmed. 740 p.
- Bencke GA, Kindel A. 1999. Bird counts along an altitudinal gradient of Atlantic Forest in northeastern Rio Grande do Sul, Brazil. *Ararajuba*. 7(2):91-107.
- Bencke GA, Maurício GN, Develey PF, Goerck JM. 2006. *Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil: Parte I - Estados do domínio da Mata Atlântica*. São Paulo (SP): SAVE Brasil. 494 p.
- Bergallo HG, Fidalgo ECC, Rocha CFD, Uzêda MC, Costa MB, Alves MAS, Van Sluys M, Santos MA, Costa TCC, Cozzolino ACR. 2009. *Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro (RJ): Instituto Biomás. 344 p.

- Bernardo CSS. Reintrodução de Mutuns-do-sudeste *Crax blumenbachii* (Cracidae) na Mata Atlântica da Reserva Ecológica de Guapiaçu (Cachoeiras de Macacu, RJ, Brasil) [tese]. São Paulo (SP): Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; 2010.
- Bibby C, Jones M, Marsden S. 1998. Expedition Field Techniques: Bird Surveys. London (England): Geography Outdoors/RGS. 139 p.
- Bibby C, Burgess N, Hill D, Mustoe S. 2000. Bird Census Techniques. 2nd ed. London (England): Academic Press.
- Blake JG, Hoppes WG. 1986. Influence of resource abundance on use of tree-fall gaps by birds in an isolated woodlot. *The Auk*. 103: 328-340.
- Blake JG, Loiselle BA. 2000. Diversity of birds along an elevational gradient in the Cordillera Central, Costa Rica. *The Auk*, 117(3):663–686.
- Blake JG, Loiselle BA. 2001. Variation in resource abundance affects capture rates of birds in three lowland habitats in Costa Rica. *The Auk*, 108(1):114-130.
- Blake JG, Loiselle BA. 2002. Manakins (Pipridae) in second-growth and old-growth forests: patterns of habitat use, movement, and survival. *The Auk*, 119(1):132-148.
- Blake JG, Rouges M. 1997. Variation in capture rates of understory birds in el Rey National Park, northwestern Argentina. *Ornitologia Neotropical*. 8: 185-193.
- Boyle WA. 2008. Partial migration in birds: tests of three hypotheses in a tropical lekking frugivore. *Journal of Animal Ecology*. 77(6):1122-1128.
- Boyle WA. 2010. Does food abundance explain altitudinal migration in a tropical frugivorous bird? *Canadian Journal of Zoology*. 88(2):204-213.
- Boyle WA, Conway CJ, Bronstein JL. 2010. Why do some, but not all, tropical birds migrate? A comparative study of diet breadth and fruit preference. *Evolutionary Ecology*. 25(1):219-236.
- Brown JH, Lomolino M. 2006. Biogeografia. 2nd ed. São Paulo (SP): FUNDEC. 691 p.
- Buzzetti DRC. 2000. Distribuição altitudinal de aves em Angra dos Reis e Parati, sul do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: Alves MAS, Silva JMC, van Sluys, M, Bergallo HG, Rocha CFD, editors. *A Ornitologia no Brasil: pesquisa atual e perspectivas*. Rio de Janeiro (RJ): Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. p 131-148.
- Cadena CD, Kozak KH, Gómez JP, Parra JL, McCain CM, Bowie RC, Carnaval AC, Rahbek C, Roberts TE, Sanders NJ, Schneider CJ, VanDerWal J, Zamudio KR, Graham CH. 2011. Latitude, elevational climatic zonation and speciation in New World vertebrates. *Proceedings of the Royal Society B*. 279: 194-201.
- Campanili M, Prochnow M, editors. 2006. Mata Atlântica: uma rede pela floresta. Brasília (DF): RMA. 332 p.
- Cavarzere VA. Distribuição das aves ao longo de um gradiente altitudinal na Serra do Mar do Estado de São Paulo, Brasil [dissertação]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 2010.
- Cavarzere V, Silveira LF. 2012. Bird species diversity in the Atlantic Forest of Brazil is not explained by the mid-domain effect. *Zoologia*. 29(4):285-292.

- [CBRO] Comitê brasileiro de registros ornitológicos. 2011. Lista das aves do Brasil. [Internet]. São Paulo (SP): Comitê brasileiro de registros ornitológicos; [cited 2011 Jan 25]. Available from: <http://www.cbro.org.br>
- Colwell RK. 2013. EstimateS: statistical estimation of species and shared species from samples [Internet]. Version 9. Acesso <purl.oclc.org/estimates>
- Colwell RK, Hurtt GC. 1994. Nonbiological gradients in species diversity and a spurious Rapoport effect. *The American Naturalist*. 144(4):570-595.
- Colwell RK, Rahbek C, Gotelli NJ. 2004. The mid-domain effect and species richness patterns: what have we learned so far? *The American Naturalist*. 163(3):1-23.
- Costa DP, Lima FM. 2005. Moss diversity in the tropical rainforests of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*. 28(4):671-685.
- Costa LM, Rodrigues M. 2012. Bird community structure and dynamics in the campos rupestres of southern Espinhaço Range, Brazil: diversity, phenology and conservation. *Revista Brasileira de Ornitologia*. 20(2): 132-147.
- da Silva JMAC, Casteleti CHM. 2003. Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil. In: Galindo-Leal C, Câmara IG, editors. *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. Washington (DC): CABS and Island Press. p. 43–59.
- Del Hoyo J, Elliot A, Sargatal J, editors. 1997. *Handbook of the birds of the world: Sandgrouse to Cuckoos*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 679 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Sargatal J, editors. 1999. *Handbook of the birds of the world: Barn-owls to Hummingbirds*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 759 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA, editors. 2003. *Handbook of the birds of the world: Broadbills to Tapaculos*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 845 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA, editors. 2004. *Handbook of the birds of the world: Cotingas to Pipits and Wagtails*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 863 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA, editors. 2005. *Handbook of the birds of the world: Cuckoo-strikes to Thrushes*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 895 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA, editors. 2010. *Handbook of the birds of the world: Weavers to New World Warblers*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 879 p.
- Del Hoyo J, Elliot A, Christie DA. 2011. *Handbook of the birds of the world: Tanagers to New World Blackbirds*. Barcelona (B): Lynx Edicions. 894 p.
- Develey PF. 2004. Métodos para estudos com aves. In: Cullen Jr L, Rudran R, Valladares-Padua C, editors. *Métodos de estudo em biologia da conservação da vida Silvestre*. Curitiba: UFPR. p 153-168.
- Donatelli RJ, Costa TVV, Ferreira CD. 2004. Dinâmica da avifauna em um fragmento de mata na Fazenda Rio Claro, Lençóis Paulista, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 21(1):97-114.
- Erize F, Mata JRR, Rumboll M. 2006. *Birds of South America: Non-Passerines: Rheas to Woodpeckers*. Princeton: Princeton University Press.
- Faria AP. 2005. Classificação de montanhas pela altura. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 6(2):21-28.

Fávaro FL, Anjos L, Lopes EV, Mendonça LB, Volpato GH. 2006. Efeito do gradiente altitudinal/latitudinal sobre espécies de aves florestais da família Furnariidae na Bacia do Rio Tibagi, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 23:261-266.

Fraser KC, Kyser TK, Ratcliffe LM. 2008. Detecting altitudinal migration events in neotropical birds using stable isotopes. *Biotropica*. 40(3):269-272.

Gagliardi R. 2011. Lista das Aves do Estado do Rio de Janeiro (Versão 2011/1) [Internet]. Updated 2011 Jan 21. Disponível em: http://www.ceo.org.br/listas_de_aves/RJ-Gagliardi.pdf

Goerck JM. 1999. Distribution of birds along an elevational gradient in the Atlantic Forest of Brazil: implications for the conservation of endemic and endangered species. *Bird Conservation International*. 9:235-253.

Gonzaga LP. 1988. A new antwren (*Myrmotherula*) from southeastern Brazil. *Bulletin of the British Ornithologists' Club*. 108:132-135.

Google Earth. 2013. [Internet]. Mountain View (CA): Google Inc.; [2013 Jun 1]. Available from: <http://www.googleearth.com.br>

Gotelli NJ, Colwell RK. 2011. Estimating species richness. In: Magurran AE, McGill BJ, editors. *Frontiers in measuring biodiversity*. New York (NY): Oxford University Press. p 39-54.

Gregory RD, Gibbons DW, Donald PF. 2004. Bird census and survey techniques. In: Sutherland WJ, Newton I, Green RE, editors. *Birds Ecology and Conservation: a handbook of techniques*. Oxford (England): Oxford University Press. P. 17-56.

Grantsau R. 1989. *Os beija-flores do Brasil*. Rio de Janeiro (RJ): Expressão e Cultura.

Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* [Internet]. [2001 May 13]. 4(1):1-9. Available from: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Herzog SK, Kessler M, Bach K. 2005. The elevational gradient in Andean bird species richness at the local scale: a foothill peak and a high-elevation plateau. *Ecography*. 28:209-222.

Hillebrand H. 2004. On the Generality of the Latitudinal Diversity Gradient. *The American Naturalist*. 163:192-211.

Hilty SL. 1997. Seasonal distribution of birds at a cloud-forest locality, the Anchicayá Valley, in Western Colombia. *Ornithological Monographs*. 48:321-343.

Hobson KA, Wassenaar LI, Len I, Milá B, Lovette I, Dingle C, Smith TB. 2003. Stable isotopes as indicators of altitudinal distributions and movements in an Ecuadorean hummingbird community. *Oecologia*. 136(2):302-308.

HOLT EG. 1928. An ornithological survey of the Serra do Itatiaya, Brazil. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 57:251-326.

[IBAMA] Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. 2007. Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. [Internet]. [12 Oct 2008]. Available from: http://www.ibama.gov.br/parnaso/index.php?id_menu=135.

[INEA] Instituto Estadual do Ambiente. 2009. Plano de manejo do Parque Estadual dos Três Picos. Rio de Janeiro: Instituto Estadual do Ambiente. 655 p.

- [IUCN] International Union for Conservation of Nature. 2012 The IUCN Red list of threatened species. [Internet]. Version 2012.2. Cambridge: IUCN; [cited 2013 Mar 26]. Available from: <http://www.iucnredlist.org>
- Janzen DH. 1967. Why mountain passes are higher in the tropics. *The American Naturalist*. 113(1): 81–101.
- Jenkins CN, Pimm SL. 2006. Definindo prioridades para conservação em um hotspot de biodiversidade global. In: Rocha CFD, Bergallo HG, van Sluys M, Alves MAS. *Biologia da conservação: essências*. p 41-52.
- Jenkins CN, Alves MAS, Pimm SL. 2010. Avian conservation priorities in a top-ranked biodiversity hotspot. *Biological Conservation*. 143(2010): 992–998.
- Kessler M. 2001. Patterns of diversity and range size of selected plant groups along an elevational transect in the Bolivian Andes. *Biodiversity and Conservation*. 10:1897-1921.
- Kimura K, Yumoto T, Kikuzawa K. 2001. Fruiting phenology of fleshy-fruited plants and seasonal dynamics of frugivorous birds in four vegetation zones on Mt. Kinabalu, Borneo. *Journal of Tropical Ecology*. 17:833-858.
- Lee PF, Ding T-H, Geng S. 2004. Breeding bird species richness in Taiwan: distribution on gradients of elevation, primary productivity and urbanization. *Journal of Biogeography*. 31:307–314.
- Levey DJ, Stiles FG. 1992. Evolutionary precursors of long-distance migration: resource availability and movement patterns in neotropical landbirds. *The American Naturalist*. 140(3):447-476.
- Lino CF, Albuquerque JL. 2007. Caderno 32 - Mosaicos de unidades de conservação no corredor da Serra do Mar. São Paulo (SP): Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Série 1, Conservação e Áreas Protegidas; 96 p.
- Loiselle BA, Blake JG. 1991. Temporal variation in birds and fruits along an elevational gradient in Costa-Rica. *Ecology*. 72(1):180-193.
- Lopes LE, Fernandes AM, Marini MA. 2005. Diet of some Atlantic Forest birds. *Ararajuba*. 13(1):95-103.
- Lopez LCS, Fracasso MPA, Mesquita DO, Palma ART, Riul P. 2012. The relationship between percentage of singletons and sampling effort: a new approach to reduce the bias of richness estimates. *Ecological Indicators*. 14(2012):164–169.
- Loures-Ribeiro A, Manhães MA, Dias MM, Costa Neto JC, Silva MAA, Ribeiro HM, Lima NF. 2011a. Aves de sub-bosque de uma área de Mata Atlântica de baixada do sudeste do Brasil. *Ornithologia*. 4 (2):76-85.
- Loures-Ribeiro A, Manhães MA, Dias MM. 2011b. Sensitivity of understory bird species in two different successional stages of the lowland Atlantic Forest, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 83:1-8.
- Macedo RHF. 2002. The avifauna: ecology, biogeography, and behavior. In: Oliveira PS, Marquis RJ, editors. *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna*. New York (NY): Columbia University Press. p. 242-265.
- Magurran AE. 2004. *Measuring biological diversity*. Oxford (England): Blackwell Science. 256 p.

- Maia-Gouvêa ER, Gouvêa E, Piratelli A. 2005. Comunidade de aves de sub-bosque em uma área de entorno do Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 22(4):859-866.
- Maldonado-Coelho M, Marini MA. 2000. Effects of forest fragment size and successional stage on mixed-species bird flocks in southeastern Brazil. *The Condor*. 102:585–594.
- Malizia LR. 2001. Seasonal fluctuations of Birds, Fruits, and Flowers in a Subtropical Forest of Argentina. *The Condor*. 103(1):45-61.
- Mallet-Rodrigues F, Parrini R, Pacheco JF. 2007. Birds of the Serra dos Órgãos, State of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil: a review. *Revista Brasileira de Ornitologia*. 15(1):05-35.
- Mallet-Rodrigues F, Parrini R, Pimentel LMS, Bessa R. 2010. Altitudinal distribution of birds in a mountainous region in southeastern Brazil. *Zoologia*. 27(4):503–522.
- Mallet-Rodrigues F, Noronha MLM. 2003. The avifauna of low elevations in the Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro state, south-east Brazil. *Cotinga*. 20:51-56.
- Mallet-Rodrigues F, Noronha MLM. 2009. Birds in the Parque Estadual dos Três Picos, Rio de Janeiro state, south-east, Brazil. *Cotinga*. 31:96-107.
- Manhães MA. Ecologia trófica de aves de sub-bosque em duas áreas de Mata Atlântica no sudeste do Brasil [tese]. São Carlos (SP): Universidade Federal de São Carlos; 2007.
- Manhães MA, Loures-Ribeiro A, Dias MM. 2010. Diet of understory birds in two Atlantic Forest areas of southeast Brazil. *Journal of Natural History*. 44(7–8):469–489.
- Manne LL, Brooks TM, Pimm SL. 1999. Relative risk of extinction of passerine birds on continents and islands. *Nature*. 399:258-261.
- Marini MA, Garcia FI. 2005. Conservação de Aves no Brasil. *Megadiversidade*. 1(1):95-102.
- Martin TE, Karr JR. 1986. Temporal dynamics of neotropical birds with special reference to frugivores in second-growth woods. *The Wilson Bulletin*. 98(1):38-60.
- McCain CM. 2005. Elevational gradients in diversity of small mammals. *Ecology*. 86(2):366-372.
- McCain CM. 2007. Area and mammalian elevational diversity. *Ecology*. 88(1):76-86.
- McCain CM. 2009a. Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*. 18:346-360.
- McCain CM. 2009b. Vertebrate range sizes indicate that mountains may be higher in the tropics. *Ecology Letters*. 12:550-560.
- McCain CM. 2010. Global analysis of reptile elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*. 19:541-553.
- McCain CM, Grytnes JA. 2010. Elevational Gradients in Species Richness. *Encyclopedia of Life Sciences* [Internet]. Chichester (UK): John Wiley & Sons Ltd. [cited 2010 Sep 15]. 10p. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470015902.a0022548/pdf>

- Melo-Júnior TA, Vasconcelos MF, Fernandes GW, Marini MA. 2001. Bird species distribution and conservation in Serra do Cipó, Minas Gerais, Brazil. *Bird Conservation International*. 11:189-204.
- Meyer de Schauensee R. 1970. A guide to the birds of South America. Philadelphia: Acad. Nat. Sci. Philadelphia. 498 p.
- Motta Júnior JC. 1990. Estrutura trófica e composição das avifaunas de três habitats terrestres na região central do estado de São Paulo. *Ararajuba*. 1:65-71.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403:853-858.
- Oliveira-Filho, AT, Fontes MAL. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica*. 32(4b):793-810.
- Pimentel L, Olmos F. 2011. The birds of Reserva Ecológica Guapiaçu (REGUA), Rio de Janeiro, Brazil. *Cotinga*. 33:8–24.
- Piratelli A, Sousa SD, Corrêa JS, Andrade VA, Ribeiro RY, Avelar LH, Oliveira EF. 2008. Searching for bioindicators of forest fragmentation: passerine birds in the Atlantic forest of southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 68(2):259-268.
- Piratelli A, Pereira MR. 2002. Dieta de aves na região leste de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Ararajuba*. 10:131-139.
- Purificação KN, Castilho LS, Vieira FM, Pascotto MC. 2013. Distribuição da avifauna ao longo de um gradiente altitudinal de pequena escala em área de cerrado, leste do Estado de Mato Grosso, Brasil. *Ornithologia*. 5(2):78-91.
- Rahbek, C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography*. 18: 200–205.
- Rahbek C. 1997. The relationship among area, elevation, and regional species richness in Neotropical birds. *The American Naturalist*. 149(5):875-902.
- Rajão H, Cerqueira R. 2006. Distribuição altitudinal e simpatria das aves do gênero *Drymophila* Swainson (Passeriformes, Thamnophilidae) na Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Zoologia*. 23(3):597-607.
- Remsen JV, Good DA. 1996. Misuse of data from mist-net captures to measure relative abundance in bird populations. *The Auk* 113:381-398.
- Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni FJ, Hirota MM. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*. 142:1141–1153.
- Ridgely RS, Tudor G. 1994. The birds of South America. Austin (TX): University of Texas Press.
- Rocha CFD, Vrcibradic D, Kiefer MC, Almeida-Gomes M, Borges-Junior VNT, Carneiro PCF, Marra RV, Almeida-Santos P, Siqueira CC, Goyannes-Araújo P, et al. 2007. A survey of the leaf-litter frog assembly from an Atlantic forest area (Reserva Ecológica de Guapiaçu) in Rio de Janeiro State, Brazil, with an estimate of frog densities. *Tropical Zoology*. 20: 99-108.
- Rocha CFD, Bergallo HG, Alves MAS, Van-Sluys M. 2003. A biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica. São Carlos (SP): RiMa. 160 p.

- Rohde K. 1992. Latitudinal Gradients in Species Diversity: The Search for the Primary Cause. *Oikos*. 65(3):514-527.
- Rodrigues M, Machado CG, Alvares SMR, Galetti M. 1994. Association of the Black-Goggled Tanager (*Trichothraupis melanops*) with Flushers. *Biotropica*. 26(4):472-475.
- Rougés M, Blake JG. 2001. Tasas de captura y dietas de aves del sotobosque en el Parque Biológico Sierra de San Javier, Tucuman. *Hornero*. 16(1):7-15.
- Santos AJ. 2004. Estimativa de riqueza de espécies. In: Cullen-Jr L, Rudran R, Valladares-Padua C. Métodos de estudos em Biologia da Conservação & Manejo da Vida Silvestre. Curitiba (PR): Ed. da UFPR/Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. p 19-41.
- Sick H. 1983. Migração de aves na América do Sul Continental. Brasília: CEMAVE. Publicação Técnica nº 2; 86 p.
- Sick H. 1997. Ornitologia Brasileira. Rio de Janeiro (RJ): Editora Nova Fronteira. 862 p.
- Sigrist T. 2007. Guia de campo: aves do Brasil oriental. São Paulo (SP): Avis Brasilis. 448 p.
- Siqueira CC. Composição e distribuição altitudinal das espécies de anfíbios na Mata Atlântica [tese]. Rio de Janeiro (RJ): Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2012.
- Statsoft, Inc. 2005. Statistica: data analysis software system, version 7.1. [Internet]. Tulsa (OK): StatSoft, Inc.; [cited 2005 Feb 13]. Available for: www.statsoft.com
- Stevens GC. 1992. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapaport's latitudinal rule to altitude. *The American Naturalist*. 140(6):893-911.
- Stotz DF, Fitzpatrick JW, Parker III TA, Moskovits DK. 1996. Neotropical birds: ecology and conservation. Chicago (IL): The University of Chicago Press. 480 p.
- Stouffer PC, Bierregaard Jr. RO, Strong C, Lovejoy TE. 2006. Long-Term Landscape Change and Bird Abundance in Amazonian Rainforest Fragments. *Conservation Biology*. 20(4):1212-1223.
- Straube FC, Bianconi GV. 2003. Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes-de-neblina. *Chiroptera Neotropical*. 8(1-2):150-152.
- Tanizaki-Fonseca K, Moulton TP. 2000. A fragmentação da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro e a perda da biodiversidade. In: Bergallo HG, Rocha CFD, Alves MAS, Sluys M. A fauna ameaçada de extinção do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro (RJ): UERJ.
- Terborgh J. 1971. Distribution on environmental gradients: theory and a preliminary interpretation of distributional patterns in the avifauna of the Cordillera Vilcabamba, Peru. *Ecology*. 52(1):23-40.
- Terborgh J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevation gradient. *Ecology*. 58(5):1007-1019.
- Van Perlo B. 2009. A field guide to the birds of Brazil. New York (NY): Oxford University Press. 465 p.

- Vasconcelos MF, Vasconcelos AP, Viana PL, Palú L, Silva JF. 2005. Observações sobre aves granívoras (Columbidae e Emberizidae) associadas à frutificação de taquaras (Poaceae, Bambusoideae) na porção meridional da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *Lundiana*. 6(1):75-77.
- Vecchi MB. Assembléia de aves em área de Mata Atlântica pouco perturbada: estratificação vertical na riqueza, composição de espécies e nas guildas tróficas [tese]. Rio de Janeiro (RJ): Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2007.
- Veloso HP, Rangel Filho AL, Lima JCA. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro (RJ): IBGE. 123 p.
- Vetaas OR, Grytnes JA. 2002. Distribution of vascular plant species richness and endemic richness along the Himalayan elevation gradient in Nepal. *Global Ecology & Biogeography*. 11:291-301.
- Waterhouse FL, Mather MH, Selp D. 2002. Distribution and abundance of birds relative to elevation and biogeoclimatic zones in coastal old-growth forests in southern British Columbia. B.C. *Journal of Ecosystems and Management*, Disponível em: <<http://www.forrex.org/jem/2002/vol2/no2/art2.pdf>>. Acesso em: 15 out 2008.
- Wiens JA. 1989. The ecology of bird communities. Cambridge (England): Cambridge University Press. Volume 1, Foundations and patterns. 539 p.
- Willis EO. 1979. The composition of avian communities in remanescent woodlots in southern Brazil. *Papeis Avulsos de Zoologia*. 33(1):1-25.
- Young BE, Derosier D, Powell GVN. 1998. Diversity and conservation of understory birds in the Tilarán Mountains, Costa Rica. *The Auk*. 115(4):998-1016.
- Zar JH. 2010. *Biostatistical analysis*. 5th ed. Upper Saddle River (NJ): Pearson Prentice Hall. 960 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossa análise do conhecimento atual sobre as migrações altitudinais das aves levantou 84 estudos, sendo a maioria dos estudos foi realizada na região Neotropical. Os grupos tróficos envolvidos nos deslocamentos altitudinais foram insetívoro, nectarívoro, insetívoro/frugívoro e frugívoro, sendo as famílias Trochilidae e Thraupidae as mais representativas. Um complexo conjunto de fatores pode interagir para explicar as migrações altitudinais de aves. Os deslocamentos para altitudes mais elevadas, provavelmente, estão relacionados à disponibilidade de recursos e ao menor risco de predação nas elevadas altitudes. Os deslocamentos para as baixas altitudes estão relacionados a vários fatores, sendo provavelmente as limitadas oportunidades de forrageamento e a competição os fatores mais importantes. Todavia, nosso conhecimento sobre como e quanto os fatores bióticos e abióticos estão relacionados as migrações altitudinais ainda é reduzido.

Com nossa análise da distribuição de beija-flores na Mata Atlântica, mostramos que o efeito da altitude em escala regional está relacionado às variáveis ambientais e ao componente espacial (latitude e longitude). Embora tenhamos encontrado variações na composição das espécies na Mata Atlântica, provavelmente, um conjunto de fatores (como a complexidade da vegetação, a competição, a disponibilidade de recursos, os ecótonos e os eventos históricos) pode explicar a variação na composição de beija-flores. Assim, para entendermos melhor o complexo efeito da altitude na comunidade de beija-flores da Mata Atlântica, devemos considerar e testar múltiplos fatores na distribuição das espécies. Também, devemos aliar estudos em escala regional com estudos em escala local, obtendo dados sobre a riqueza, a composição e a abundância das espécies.

Em nosso estudo de caso em uma encosta na REGUA e no PETP, encontramos grande quantidade de espécies endêmicas de Mata Atlântica (53% das 95 espécies capturadas) nas cinco altitudes, sendo 10 espécies ameaçadas de extinção. Observamos diferenças na composição, na riqueza, na abundância e na organização trófica das aves nas cinco altitudes amostradas, sendo, frequentemente, 170 m de altitude destoante das demais altitudes por sua menor diversidade de aves. Entretanto, não encontramos relação entre a altitude e a riqueza ou entre a altitude e a abundância (taxa de captura) das aves de sub-bosque. Já em nossa análise local dos beija-flores, registramos

diferenças na composição e na riqueza de espécies nas cinco altitudes amostradas. Entretanto, não encontramos relação entre a altitude e a riqueza ou entre a altitude e a abundância (taxa de captura) das aves de sub-bosque nas duas fitofisionomias estudadas (floresta baixo montana e montana). A diversidade e a grande quantidade de espécies endêmicas da REGUA e do PETP ressaltam a importância da região para proteção da rica avifauna da Mata Atlântica e reforçam a necessidade de preservação desse importante remanescente na região serrana do estado do Rio de Janeiro. Bem como ressaltam a necessidade de estudos sobre distribuição altitudinal das aves nessa região.